MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/



Çatalçam (Soma-Manisa) polimetal sahasının madencilik öncesi mevcut çevresel ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Serkan PALAS[a,*], Ecenur BULUR[a], Mesut Gökhan GÜMRÜK[a], Özden İLERİ[a], Tunç İSLAMOĞLU[a], Hayri Taner GÜNDÜZALP[b] ve Yasin BALCIOĞLU[b]

[a]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Çevre Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara*
[b]*Turkish Petroleum International A.Ş. (TPIC), Ankara*

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler: Çevre jeokimyası, Hidrojeokimya, Jeokimyasal temel değer, Kirlilik Parametreleri, Soma-Çatalçam

ÖZ

Sediman ve su verilerinin jeokimyasal sonuçlarının belirlenmesi ve jeokimyasal anomalilerin değerlendirilmesi arama hedeflerinin tanımlamasında ve çevresel faktörlerin belirlenmesinde kritik bir role sahiptir. Çatalçam (Soma-Manisa) metalik maden sahasında madencilik öncesi gerçekleştirilen bu çalışma kapsamlı istatistiksel analizlerle, çalışma bölgesinin jeolojisi ve mevcut antropojenik etkileri dikkate alınarak sediman, su verileri ile çevresel parametrelerin temel değerlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Araştırma sonuçları, madencilik faaliyetleri sırasında ve sonrasında yapılacak ölçümler ve değerlendirmelerle karşılaştırma yapmayı sağlayacaktır. Ağır metal birikimi ve çevre jeokimyasına yönelik analizler için 28 adet toprak ve dere sedimanı örneği alınmıştır ve kirlilik parametlerine göre değerlendirilmiştir. Hidrojeokimyasal ve su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 23 adet su örneği alınmıştır. Bulgular, ağır metal kirlenmesinin özellikle çalışma alanının güneydoğusunda lokalize olduğunu göstermektedir. Özellikle alterasyon süreçleri gibi jeolojik faktörler, toprak ve sedimandaki ağır metal konsantrasyonlarındaki farklılıklara önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) değerlendirmesi, 21 örneğin kirlenmemiş olduğunu, diğerlerinin ise eşik değerlerini aştığını ortaya koymaktadır. Yüzey ve yeraltı suyu kalitesi ağır metal içeriği yönünden I., II. ve III. sınıf, yalnızca bir örnek yüksek As seviyelerinden dolayı IV. sınıfa düşmektedir ve bu numune alım noktası hariç alınan tüm örnekler Wilcox diyagramına göre çok iyi-iyi kullanılabilir su sınıflama kalitesinde yer almaktadır. Bu çalışma, endüstriyel etkinin olmadığı bir ortamda, jeolojik dinamiklerin toprak ve su anomalileri üzerindeki etkisini göstererek, madencilik sırasında ve sonrasında sürdürülebilir çevre yönetimi için temel referans değerleri sağlamaktadır.

Gönderim Tarihi: 03.10.2023
Kabul Tarihi: 13.11.2023

Keywords: Environmental geochemistry, Hydrogeochemistry, Geochemical baseline, Pollution parameters, Soma-Çatalçam

ABSTRACT

An The determination of geochemical results belong to sediment and water and the assessment of geochemical anomalies play a critical role in defining exploration targets and elucidating environmental factors. This study, conducted prior to mining activity in the Çatalçam (Soma-Manisa) mineralisation area, aims to determine the baseline values of sediment, water samples, and environmental parameters, accounting for the geological and prevailing anthropogenic influences of the area through comprehensive statistical analyses. The research results will facilitate future comparisons with measurements to be made during and after mining operations. To assess heavy metal accumulation and environmental geochemical analyses, 28 soil and stream sediment samples were collected and evaluated according to pollution parameters, and 23 water samples

Received Date: 03.10.2023
Accepted Date: 13.11.2023

Atıf Bilgisi: Palas, S., Bulur, E., Gümrük, M. G., İleri, Ö., İslamoğlu, T., Gündüzalp, H. T., Balcıoğlu, Y. 2023. Soma Çatalçam Polimetal Sahasının Madencilik Öncesi Mevcut Çevresel ve Jeokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 4, 17-45.

**Başvurulacak Yazar: Serkan PALAS, serkan.palas@mta.gov.tr*

to determine hydrogeochemical and water quality parameters. The results suggest that heavy metal pollution is particularly concentrated in the southeastern part of the study area. Notably, geological factors, such as alteration processes significantly contribute to the variations in heavy metal concentrations in soils and sediments. The Pollution Load Index (PLI) assessment reveals that 21 samples are unpolluted, while the remaining samples exceed threshold values. Surface and groundwater quality was classified into I., II., and III. classes in terms of heavy metal content, with only one sample being categorized as class IV due to elevated levels of arsenic (As). Except the sample with high As content, all other samples demonstrated excellent to permissible water quality on the Wilcox diagram. The study emphasizes the profound impact of present geological dynamics on soil and water anomalies on contamination patterns without industrial activity, serving as baseline references for sustainable environmental management during mining and beyond.

1. Giriş

Son yıllarda, çevresel kirleticilerin ekosistemlere doğrudan veya dolaylı etkileri giderek artış göstermiş ve bu etkiler, sürdürülebilir çevre yönetimi çerçevesinde incelemek üzere ele alınmıştır. Araştırmalar, özellikle sanayi faaliyetlerinin artmasıyla ağır metallerin önemli kirleticiler arasında yer aldığını ortaya koymaktadır. Genellikle yoğunluğu 5 g/cm^3'ün üzerinde olan metaller ağır metal olarak tanımlanmaktadır. Genellikle, silikat, karbonat oksit ve sülfür içeren bileşimleriyle yerkürenin tamamında katı veya eriyik halde bulunurlar. Ancak insan kaynaklı faaliyetler sonucu ortama salınan ağır metaller, su, toprak, bitkiler ve balıklar gibi canlıların yaşam alanlarında kirliliğe neden olmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003).

Ağır metaller havaya salındığında, toprak, bitkiler ve besin zinciri aracılığıyla insanlar ve hayvanlar için tehlike oluşturan bir yolla yayılırlar. Ayrıca, insanlar ve hayvanlar ağır metalleri soluyarak da alabilirler ve endüstriyel atık sularının içme suyuna karışma riski de mevcuttur. Bu metallerin belirli konsantrasyonlarda bulunması canlılar için gereklidir ancak fazla miktarlarda olması geri dönüşü olmayan zararlara yol açabilir. Su ve sedimanlarda birikim, su ve sedimanlar arasında geçiş şeklinde hidrojeokimyasal özelliklere bağlı olarak gerçekleşir. Hem su hem de sediman kullanımı, farklı canlı türlerinin bu metallerle etkileşimini etkiler.

Ülkemiz, jeolojik olarak karmaşık bir yapıda olup zengin maden potansiyeline sahiptir. Ancak madencilik faaliyetleri sürdürülebilir kalkınma prensipleriyle örtüşmediği için sıklıkla eleştirilere maruz kalır. Bu eleştiriler genellikle, çevresel tahribatın madencilik kaynaklı olduğu yanılgısından kaynaklanır ve işletme sırasında veya sonrasında alınan ölçümlerle desteklenir. Maden sahalarının işletilmesi ticari kazanç sağlarken çevresel kalitede değişikliklere neden olur ve potansiyel maden sahalarının işletilmesi, ekosistem hizmetlerinde değişikliklere yol açar. Bu süreçte çevresel faydalar ve maliyetler ortaya çıkar. Çevresel maliyetler, ekosistem hizmetlerinin kaybı ve ortama salınan emisyonlarla ilişkilidir. Faydalar ise ticari gelir, erozyon kontrolü, karbon depolama, biyoçeşitlilik ve doğal yaşam alanı oluşturmanın sağladığı ekosistem hizmetlerinin parasal değerini içerir. Bu değişikliklerin fayda-maliyet analizi, sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır (Demirbugan, 2019 *a, b, c*).

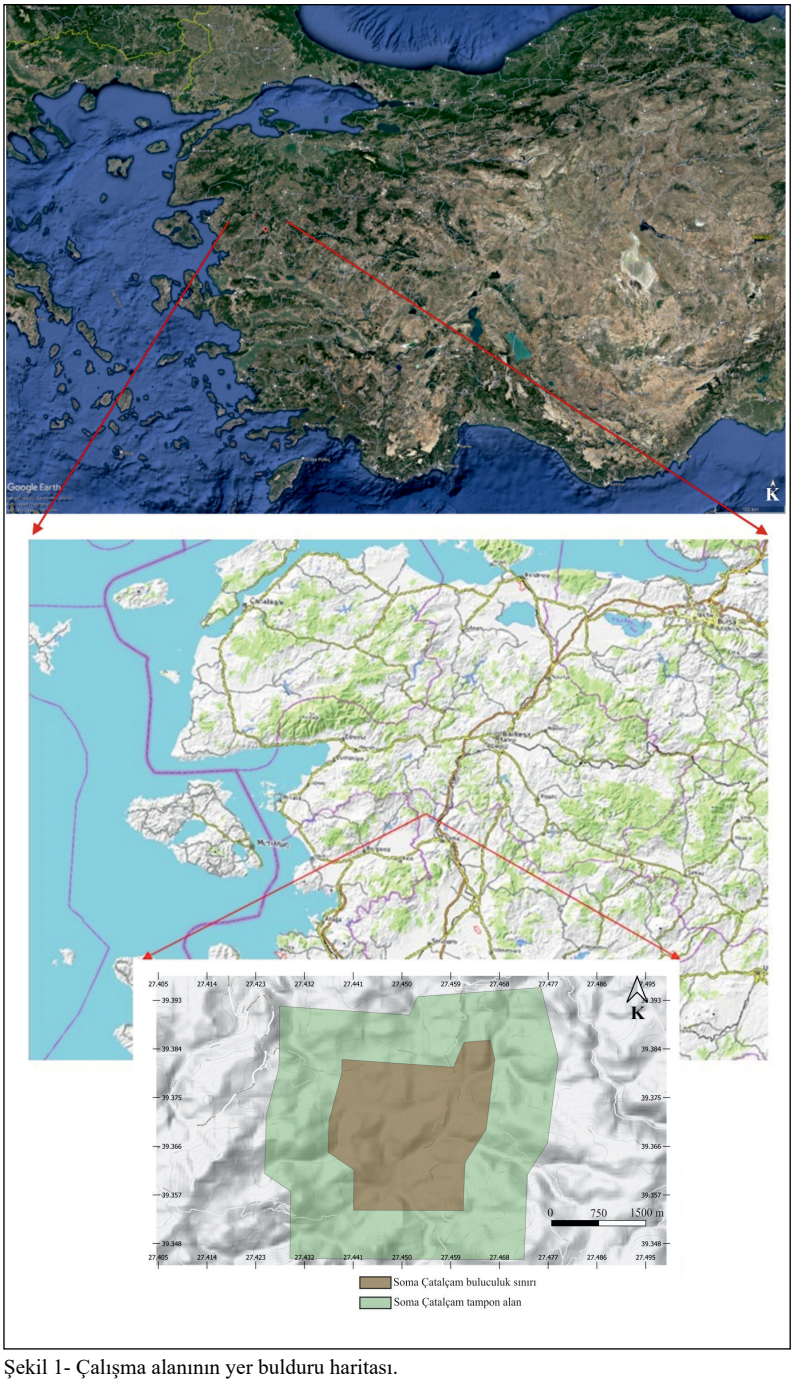
Proje kapsamında kuruluşumuza ait metalik, endüstriyel ve enerji hammaddeleri sahalarında madencilik öncesinde mevcut durumlu çevresel jeokimya prospeksiyonu yapılmıştır. Bu kapsamda sediman, toprak, su ve bitkide çevresel jeokimya temel değerleri bölgenin jeolojisi ve mevcut antropojenik etkiler gözönüne alınarak çok yönlü istatistiksel hesaplarıyla belirlenmeye çalışılmıştır. İşletme sırasında veya sonrasında alınacak ölçümler ve değerlendirmeler ile karşılaştırma yapılabilecek bir veri tabanı oluşturulması projenin temel amacıdır. Potansiyel maden alanları kavramı kuruluşumuzun devam eden çalışma alanları ile ruhsat sahası içerisinde maden tespit edilerek buluculuk hakkı elde edilen sahalar anlamına gelmektedir.

Çevresel açıdan, kuruluşumuzun misyon ve vizyonuna uygun olarak yerbilimleri eksenli materyal ve yöntem geçerli olmak üzere; alıcı ortamların öncel

çevresel jeokimya temel (background) değerleri ve varsa ortamda insan kaynaklı emisyonlar mevcut ortam özelliği anlamında; dere sedimanı, yüzey suyu (dere ve/veya göl), yeraltı suyu, toprak ve bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının madencilik veya endüstriyel faaliyetler öncesindeki değerleri çevresel jeokimya ve hidrojeokimya temel (background) değerleri anlamında kullanılmaktadır.

2. Çalışma Alanı ve Jeolojisi

Çalışma alanı Manisa ili, Soma ilçesi Çatalçam mahallesininde Manisa-Soma-Kiraz ruhsat sahasında, 1/25.000 ölçekli J18-b2 ve b3 paftalarında bulunmaktadır (Şekil 1). Çatalçam-Kiraz (Soma-Manisa) ruhsat sahası, Biga Yarımadası'nın güney-güneydoğusunda, Manisa ili Soma ilçesinin ise 30



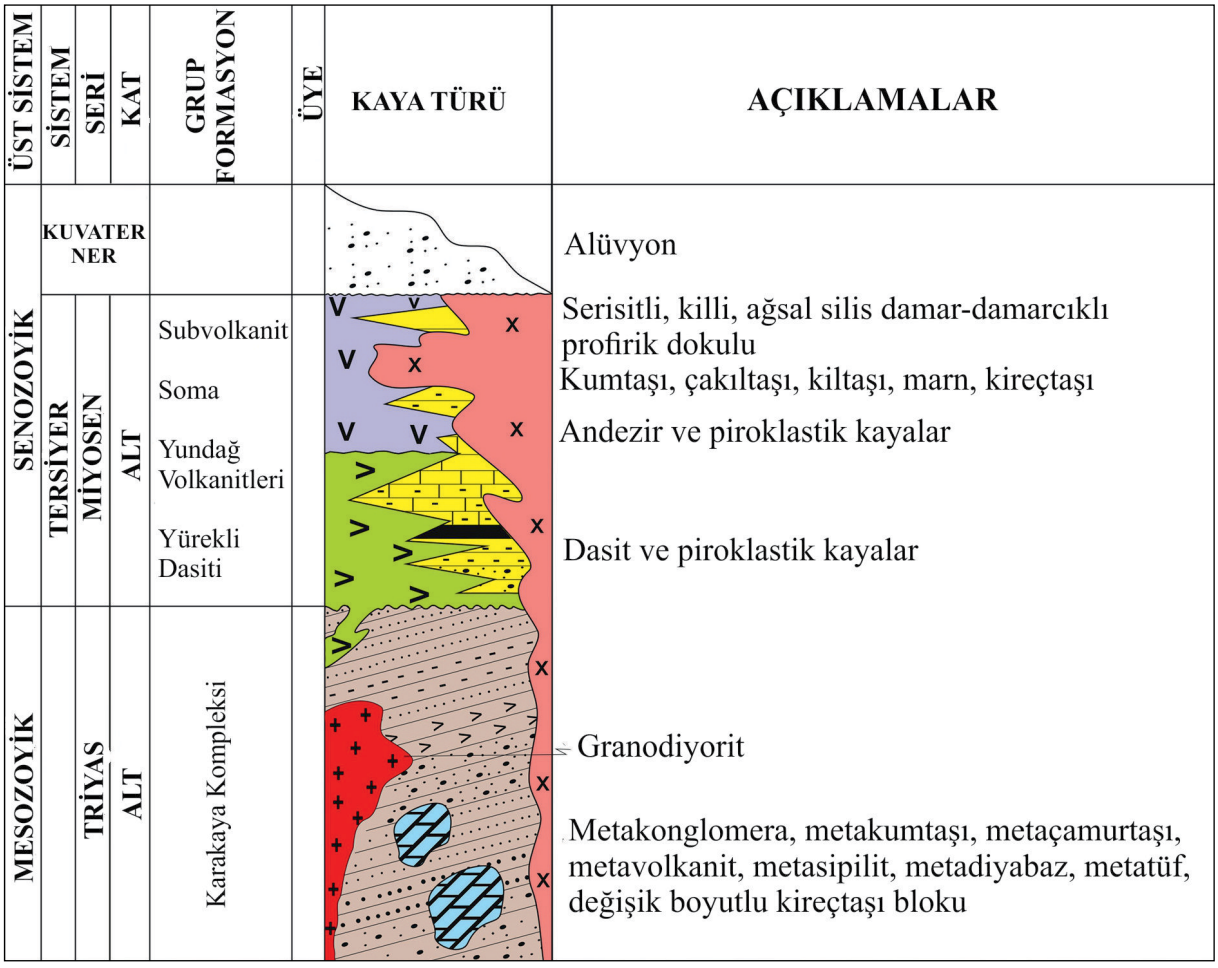
Şekil 1- Çalışma alanının yer bulduru haritası.

km kadar kuzeybatısındadır. Soma ve civarındaki termik santraller bölgenin en büyük geçim kaynağını oluşturmaktadır. Çalışma alanın güneyinde bir adet jeotermal tesis (kaplıca) bulunmaktadır.

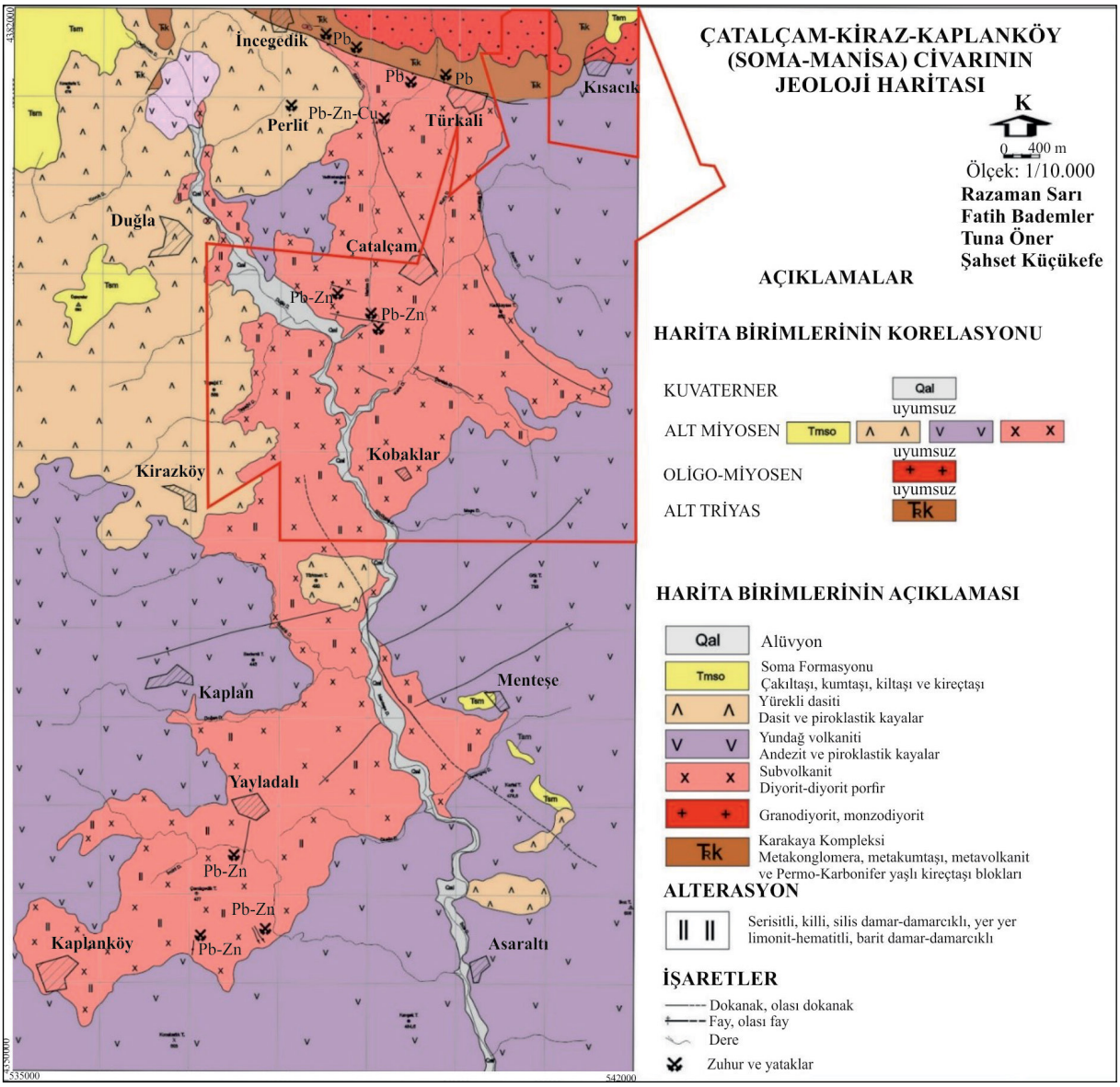
Çalışma sahasının temelini, kuzey-kuzeydoğusunda dar bir alanda yüzeylenen Alt Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi oluşturur. Karakaya kompleksi içerisinde Oligo-Miyosen yaşlı granodiyorit bileşimli Terziler granotoyiti sokulum yapmıştır. Çalışma alanında ayrıca Alt Miyosen yaşlı Yürekli dasiti, Yuntdağ volkanitleri ve yanalda ve düşeyde geçişli Soma formasyonu, Çatalçam sokulumu, dere yatakları ve düzlüklerinde yaşı Kuvaterner olan alüvyonlar yüzeylenmektedir (Şekil 2, 3) (Sarı vd., 2019).

Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi çakıltaşı, feldispatlı kumtaşı, silttaşı, kuvarsit, çamurtaşı, sleyt, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı ile değişik boyutlarda Karbonifer ve Permiyen kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Bingöl, 1974). Karakaya kompleksi içerisinde sokulum yapan Terziler granodiyoriti, yeşilimsi, gri, koyu gri renkli, hipidiomor tanesel dokulu, ortaklas, plajioklas, kuvars, horblend, biyotit ve apak mineraller ile tali olarak sfen, zirkon, apatit içerir (Ercan vd., 1984). Karakaya kompleksi ile Terziler granodiyoriti dokanaklarında yer yer gelişen kontakt metamorfik zon içerisinde Cu-Pb-Zn-Fe cevherleşmeleri gözlenmektedir (Sarı vd., 2022).

Havzanın temelini oluşturan Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi üzerine sokulum yapmış Terziler granodiyoritinin üzerine gelen; gri ve beyaz renkli, el numunesinde kuvars ve biyotit minerallerince zengin bol kayaç parçalı asidik bileşimli lav ve piroklastikler Yürekli dasiti olarak adlandırılmıştır ve



Şekil 2- Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Sarı vd., 2022).



Şekil 3- Çalışma alanını içine alan bölgenin jeoloji haritası (Sarı vd., 2019).

gölsel çökellerle ardalanmalı olarak yayılım gösterir (Akyürek ve Soysal, 1978). Çalışma sahasında gri, koyu gri ve bordo renklerde gözlenen Yuntdağ Volkaniti andezit, bazaltik andezit, traki andezit bileşimli lavlardan ve piroklastik kayaçlardan oluşur (Duru vd., 2008). Soma formasyonu, genellikle sarı, beyaz, boz-gri renkli killi kireçtaşı, marn, kil, miltaşı, kumtaşı, tüfit, ve çakıltaşı ardalanmalı yer yer ekonomik linyit seviyelidir. Akarsu yataklarında, Kuvaterner yaşlı çakıl, kum ve silt tane boylarından oluşan tutturulmamış alüvyon çökeller; Kara Dere, Değirmen Dere, Köy Dere, Maden Dere ve Duğla Dere yatağı boyunca izlenir (Sarı vd., 2019).

3. Materyal ve Metot

3.1. Arazi Öncesi Büro Çalışmaları

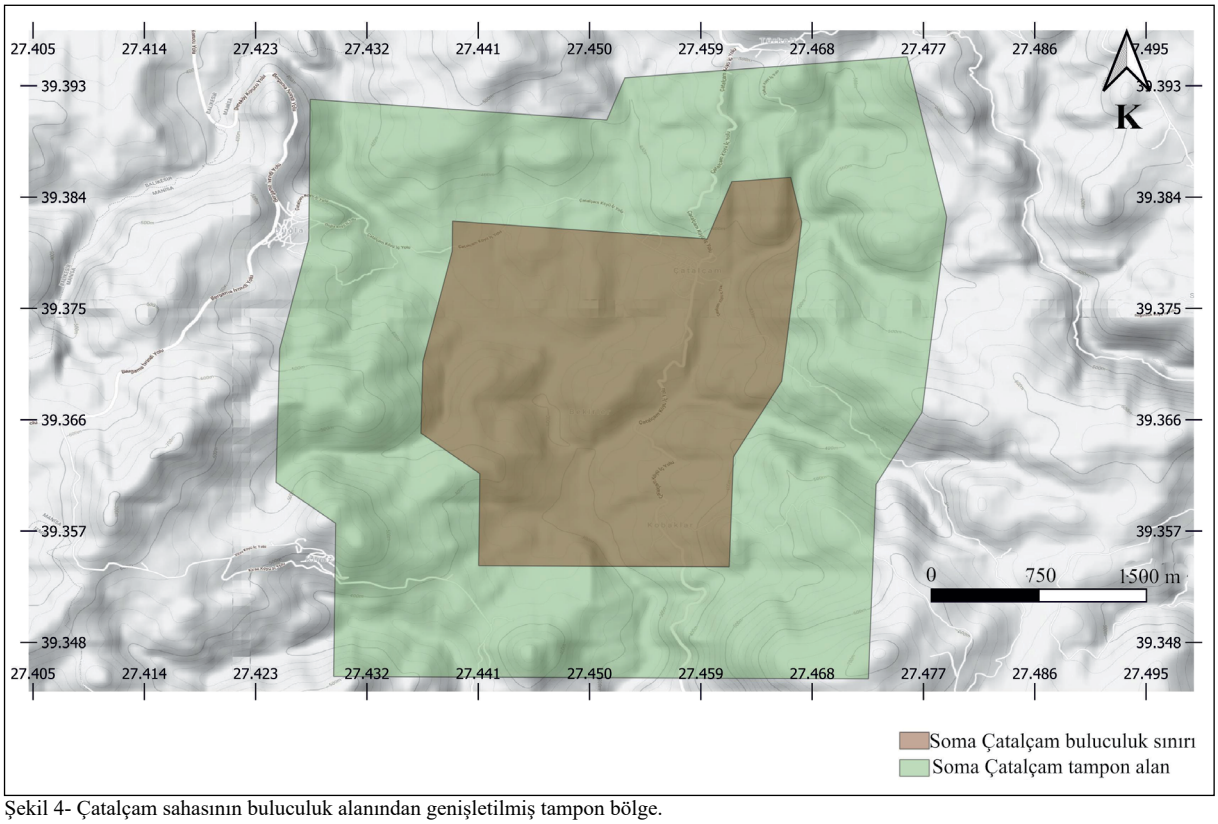
Proje kapsamında cevher veya enerji hammaddeleri etütleri yapılmış ve raporlaştırılan sahaların buluculuk sınırları koordinatları poligon haline getirilmiştir. Buluculuk sınırı bir maden işletmesinin (ocak) ulaşabileceği maksimum sınırlarını temsil etmektedir. Madencilik faaliyetleri sonucunda oluşma ihtimali bulunan ağır metal emisyonlarının maden işletmesinin sınırlarından dışarıya doğru salınım yapması beklenmektedir. Bu

olasılığa karşı işletme sınırlarını önceden genişletip, örneklemenin tampon bölgeyi de kapsayacak şekilde yapılması beklenmektedir. Tampon bölge CBS ortamında oluşturulmuştur (Şekil 4).

Tampon bölgenin eklenmesi ile belli olan çalışma alanına CBS ortamında 1 km^2 lik gridleme yapılmıştır. Her gridin içine jeoloji, fay, alterasyon yayılımları dikkate alınarak 1 adet istasyon yerleştirilmiştir. Numune alım istasyonu yerleştirilmesinde çalışma alanında bulunan her jeolojik birim, buluculuğa esas maden cinsi için daha önceden çalışması yapılmış alterasyon bölgeleri ve ilişkili olduğu fay sistemleri dikkate alınmıştır. Bu işlem toprak ve dere sedimanında varsa kirlilik emaresi bunun jeolojik etkiyle ilişkisini güçlendirmek için yapılmaktadır. Gridleme sistemi ise tematik haritalama sırasında çözünürlüğü arttırmak, boşta olan istasyonlardan eksik veri gelmemesi ve böylece çalışma alanının yüksek güvenirlik katsayısı ile temsil kabiliyetinin oluşması için yapılmaktadır.

Çalışma alanının 30 metre çözünürlüklü DEM ya da STRM görüntü dosyaları CBS ortamında işlenerek yükseklik ve eğim bilgilerinden yararlanılarak drenaj (su toplama, dolayısıyla sediman biriktirme) alanları belirlenmiştir. DEM dosyalarında raster işlemleri ile yükseklik ve eğime göre akaçlama kolları ve drenaj alanları oluşturulmuştur. Belirlenen drenaj alanlarının altına jeolojik yapı yerleştirilmiş ve bu sayede her istasyon için kaynak kayaç belirlenmiştir. Kaynak kayaçların arazide kontrolü yapılarak, her birim için jeokimyasal analiz için toprak veya dere sedimanı örneği alınmıştır. Drenaj alanları ve kaynak kayaçlar belirlendikten sonra dere sedimanı ve dere yüzey suları her jeolojik birimi temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Yer altı suları için ise topoğrafik haritada yer alan kaynak çıkış noktalarından yararlanılmıştır.

Çalışma alanına etki eden tarımsal aktiviteler önem taşımaktadır. Öncel jeokimyasal değerleri etkileyen bu aktivitelerin cinsini öğrenmek için Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının CORİNE 2018 verileri kullanılmıştır. Bu verilerde sürekli sulanabilir alanlar, mera alanları, seyrek bitki alanları vb. gibi alanlar ayrıntılı bir şekilde haritada ayrımlanabilmektedir. Çalışma alanına etki eden endüstriyel aktiviteler



Şekil 4- Çatalçam sahasının buluculuk alanından genişletilmiş tampon bölge.

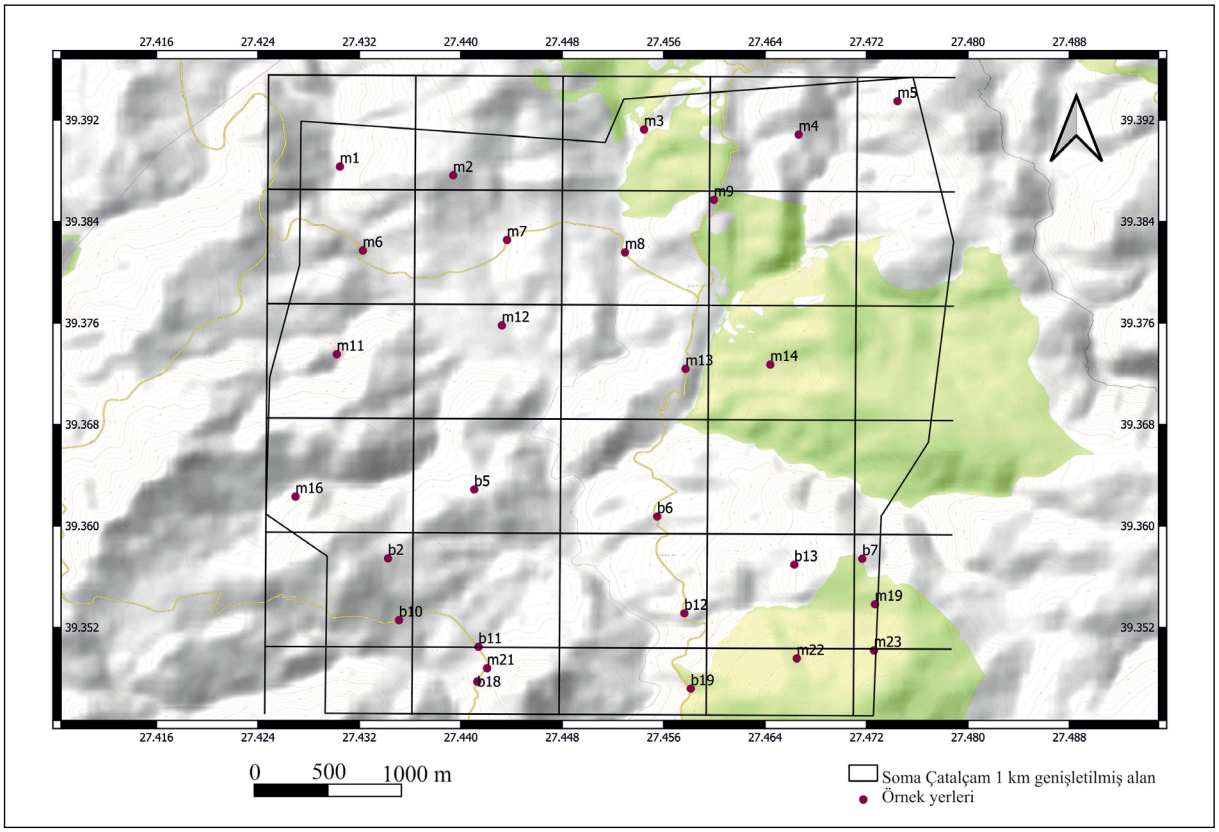
önem taşımaktadır. Organize sanayi bölgelerinin çalışma alanına olan uzaklıkları, drenaj alanında olup olmadığı çalışma alanının öncel jeokimyasal değerlerini etkilemektedir.

3.2. Saha Çalışmaları

Çalışma kapsamında 28 adet toprak örneği ve dere sedimanı (Şekil 5), 23 adet yüzey ve yeraltı suyu alınmıştır. Toprak numuneleri yüzeyden 30 cm derinliğinde olacak şekilde (Jackson,1967) çapa ve bel yardımı ile kazılarak plastik kürekler ile 1 kg numune poşetine koyulmuştur.

Su numunesi alınırken yüzey örnekleri için eğer varsa köprü üstlerinden kova ya da plastik aparatlar ile nehrin orta kesimlerinden, eğer köprü yoksa ip ve kova yardımıyla suyun akışının olduğu orta kısımlardan alınmıştır. Yeraltı suyu örneklemesi için ise kuyular ve herhangi bir şebekeden taşınmayan o bölgenin orijinal sularını temsil eden çeşmelerden alınmıştır. 250 ml korumalı su (nitrik asitle (HNO_3) pH < 2 ayarlanabilmesi için asitlendirilmiş ve plastik şişelerde saklanmıştır (Şekil 6). Numuneler, temiz kaplara, ve tüm kabı kapsayacak şekilde çalkalayarak yıkandıktan sonra, hava boşluğu olmayacak şekilde alınmıştır. Korumalı ve korumasız su plastik şişelere ise 250 ml olarak örneklendirilmiş ve mümkün olduğunca en kısa sürede laboratuvara intikali gerçekleştirilmiştir.

Toplam 28 istasyondan alınan toprak ve dere sedimanı yüzeyden ilk 30 cm'yi temsil etmektedir. Numuneleme işlemi yapılan istasyonlar şehir merkezleri, organize sanayi giriş çıkışları, deşarj noktaları ve jeolojik açıdan önemli yerler dikkate alınarak planlanmıştır. Çalışma alanının temsil açısından istasyonlar arası ortalama 1 km^2 seçilmeye özen gösterilmişitir.



Şekil 5- Toprak ve dere sedimanı örnekleme işlemi.



Şekil 6- Korumalı ve korumasız su numunesi alım işlemi.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Proje kapsamında alınan sediman örnekleri ve sular MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi laboratuvarlarında +4 C° de muhafaza edilmiştir. Dere sedimanları 80 °C etüvde kurutma işleminden sonra, kırma (çeneli kırıcı) işlemi ile numunenin %75'nin boyutları 2 mm düşürülmüş, öğütme (Diskli Öğütücü) ile numunenin %85'i 75µm boyutuna indirilmiş, 250 gr numune hazırlanmıştır. Su örnekleri araziden getirildikten sonra analitik kimya laboratuvarlarına intikal ettirilmiştir. Numunelere XRF ve ICP-OES analizleri yapılmış olup, sedimanlardaki ağır metal kirliliğinin derecesi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunun için en yaygın olarak zenginleşme faktörü (Ef), jeobirikim indeksi (Igeo), kirlilik faktörü (Cf) ve kirlilik yükü indeksi (PLI) hesaplamaları kullanılmıştır.

3.4. Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Çalışma alanının litoloji haritasının hazırlanmasını takiben toprak ve dere sedimanı numunelerinin analizinden elde edilen Majör Oksitlerin konsantrasyon değerleri (Çizelge 1) ve Zenginleşme Faktörü (Ef) parametresi QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi programı kullanılarak dağılım haritaları oluşturulmuştur. Sahadan alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre 1 litoloji haritası, 11 ağır metal Ef dağılım haritası, 8 adet majör oksit dağılım haritası ve 1 adet PLI dağılım haritası olmak üzere toplamda 21 harita üretilmiştir.

3.5. İstatiksel Parametrelerin Hesaplanması

Ağır metallerin ve beraberinde çökelen materyallerin ve birbirleri ile olan ilişkisini daha iyi anlayabilmek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Temel istatistik verilerinde yer alan ağır metal konsantrasyonlarının hangi aralıkta yoğunlaştığını anlamak ve aynı zamanda maksimum, minimum ve medyan değerlerini görselleştirmek için kutu (box) grafikleri kullanılmıştır. Toprak ve dere sediman numunelerinde benzer ağır metal içeriğine sahip lokasyonları belirlemek amacıyla dendrogram grafikleri oluşturulmuştur.

3.6. Su Numunelerinde Analiz Sonuçlarının İşlenmesi

Çalışma sahasından alınan 23 adet dere suyu NH_4^+, NO_2^-, SO_4^{2-}, Cl^-, NO_3^-, PO_4^{3-} ve ağır metal içerikleri açısından değerlendirildi ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği sınır değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Hidrojeokimyasal açıdan su analiz sonuçları Piper, Scholler, Durov, Gibbs, Chadha, Stiff, İon Balance, ABD Tuzluluk, Wilcox diyagramları ve bazı parametrelerin mekânsal dağılımları (proporitonal symbol ve pie grafikleri) çizilerek kökensel ve kullanım kalitesi açısından değerlendirilmiştir. Kaynak başında in-situ olarak ölçülen Ph değerleri 6,65 ile 8,3 arasında, elektrik iletkenlik değerleri 221-1423 µS/cm aralıklarında değişmektedir (Çizelge 2).

4. Bulgular ve Değerlendirmeler

4.1. Dere Sedimanlarının Majör Oksit ve Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Jeokimyasal açıdan, öncelikle ana oksitlerin dağılım haritaları oluşturuldu (Şekil 7 a, b), ardından bu çalışmanın ana odak noktasını oluşturan ağır metallerin Zenginleşme Faktörlerinin dağılım haritaları hazırlanmıştır (Şekil 8 a, b, c).

Çizelge 1- Toprak ve dere sedimanlarında majör oksit konsantrasyon değerleri.

NUMUNE KODU	CaO (%)	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	K_2O (%)	MgO (%)	Na_2O (%)
m1	1.60	5.20	58.00	19.50	0.70	3.30	1.30	1.40
m2	2.80	2.50	63.90	17.60	0.30	3.40	1.30	2.60
m3	0.2	2.6	59.9	21.4	0.7	6.4	0.9	0.2
m4	0.4	3.9	59.8	18.6	0.6	7.8	1.2	<0.1
m5	3.6	5.8	58.8	16.2	0.6	2.1	3.8	1.4
m6	1.5	3.5	63.1	19.5	0.4	3.7	1.2	2.0
m7	2.3	5.0	59.8	17.8	0.5	3.4	2.8	1.0
m8	0.3	6.6	61.0	19.3	0.7	2.7	1.2	0.7
m9	0.50	4.60	60.60	20.00	0.50	3.80	1.00	2.10
m11	4.00	4.10	59.80	17.90	0.60	2.90	2.10	2.70
m12	2.30	4.60	58.40	18.10	0.60	2.70	1.70	1.60
m13	0.2	4.4	61.3	21.1	0.5	4.6	1.6	<0.1
m14	0.4	5.3	61.3	18.2	0.6	6.5	1.3	0.4
m16	2.70	4.80	58.40	16.70	0.70	4.00	1.80	2.00
m19	0.50	4.30	57.90	17.10	0.50	9.00	1.10	0.20
m21	1.00	4.20	58.30	17.60	0.50	3.60	2.20	1.00
m22	0.70	5.30	57.20	19.80	0.60	2.90	2.20	0.10
m23	0.90	4.70	58.00	13.50	0.70	4.00	0.90	0.50
b2	4.20	4.90	57.00	19.60	0.60	1.20	3.40	1.90
b5	1.40	4.80	56.40	20.70	0.60	3.10	3.40	1.40
b6	0.8	5.8	58.1	19.5	0.7	4.2	3.0	1.0
b7	0.40	4.40	58.40	18.70	0.60	8.00	0.90	0.40
b10	2.60	5.80	56.60	18.90	0.50	4.50	1.50	1.50
b11	1.40	4.40	57.40	18.60	0.50	2.70	2.00	0.60
b12	0.5	5.1	60.9	18.4	0.5	6.4	1.1	0.6
b13	2.20	4.40	58.70	19.70	0.50	2.60	2.40	1.20
b18	2.50	4.40	57.90	18.40	0.50	2.80	3.00	0.80
b19	0.7	5.8	59.7	16.8	0.6	9.2	1.3	0.3
Dünya Ortalama Şeyl (1)	3.09	6.75	58.4	15.1	0.77	3.2	2.5	1.29
Kıta Kabuğu Ortalama (2)	5.5	6.28	61.5	15.1	0.68	2.4	3.7	3.2

(1) Wedepohl, 1969 , (2) Wedepohl, 1995

4.1.1. Toprak ve Dere Sedimanlarında Majör Oksitlerin Değerlendirilmesi

Jeolojik ve antropojenik bağlamda majör oksitlerin değerlendirilmesi oldukça faydalıdır. Bu nedenle, çalışmanın sonuçları, dünya şeyl ortalama değerleri ve kıta kabuğu değerleri (Wedepohl 1969, 1995) ile karşılaştırılmıştır.Toprak ve dere sedimanlarının majör oksit değerlerine bakıldığında CaO değerleri çalışma alanında %0,2 ile %4,20 arasında tespit edilmiştir. Çalışma alanının batısında ve güneyinde CaO değerlerinin yüksekliği batıda bulunan aglomeraların içindeki karbonatlardan kaynaklıdır. Toprak ve dere sedimanlardaki ortalama TiO_2 değeri çalışma sahasında kıta kabuğu ortalaması ile neredeyse aynı olduğu görülmektedir. TiO_2'nin karasal ortamları işaret ettiği bilinmektedir. Çalışma alanının kuzeyinde, güneydoğusu ve batısında yer alan görece yüksek TiO_2 değerlerinin olması yüksek eğimli drenaj alanlarının etkisi altında olduğundan karasal süreçlerden ayrışma, gravite ve erozyonun yardımı ile taşınarak zenginleştiği düşünülmektedir (Şekil 7 b).

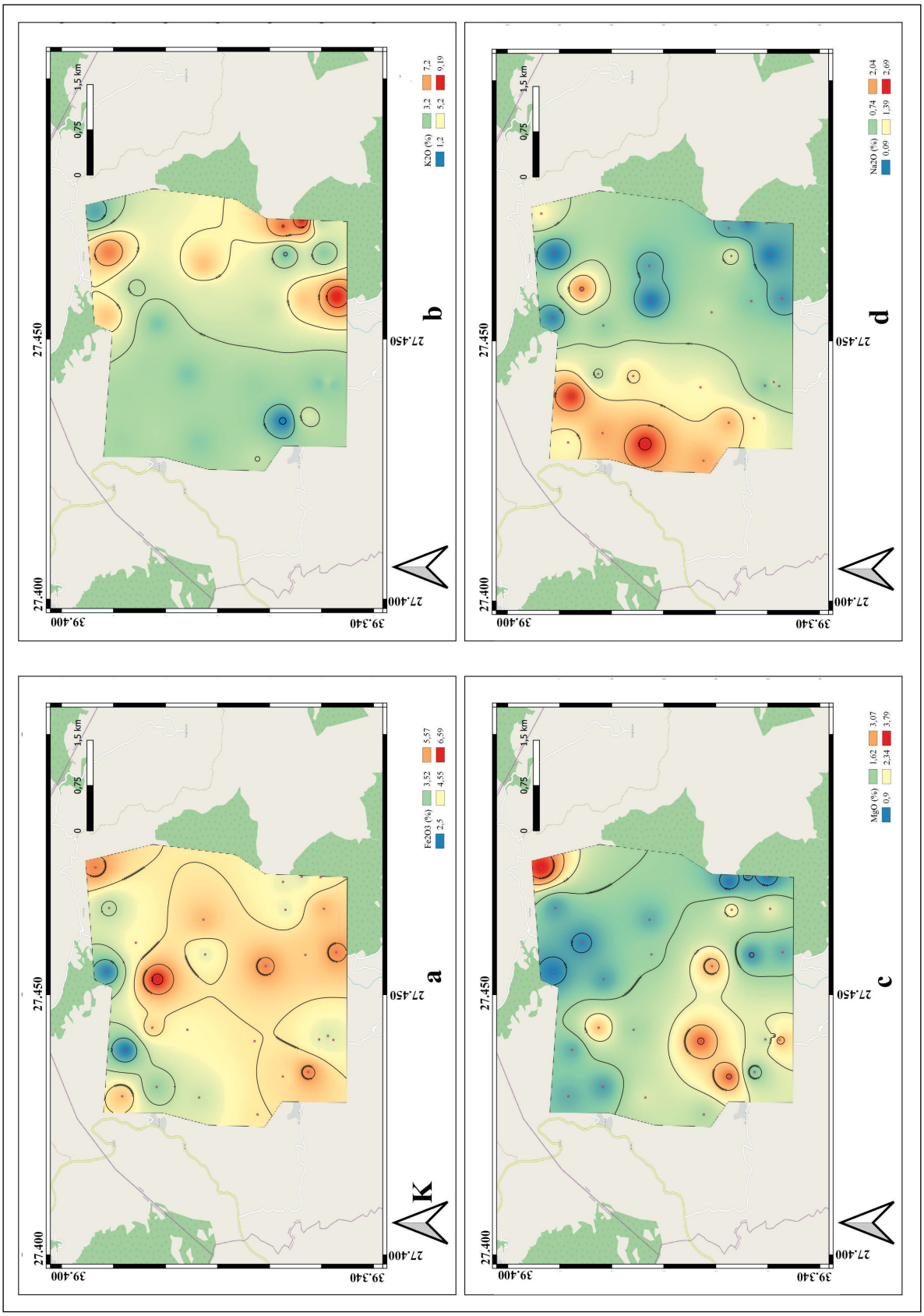
Çizelge 2- Su numunelerinin in-situ ölçüm sonuçları.

Örnekleme Noktaları	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (ppm)	ORP (milivolt)
B-SU-1	6,9	23,5	758	525	147
B-SU-2	7,1	26,7	905	630	152
B-SU-3	7,8	26,8	565	385	158
B-SU-4	7,5	20,9	1423	1017	144
B-SU-5	8	25	617	423	138
B-SU-6	7,5	22	736	513	134
B-SU-7	8,25	25	578	393	132
B-SU-8	8	25,9	458	309	134
B-SU-9	7,4	23,1	684	450	143
B-SU-10	8,3	22,8	531	363	135
B-SU-11	7,9	29,9	1176	822	132
B-SU-12	7,7	20,7	524	360	139
B-SU-14	8	24,2	633	435	145
B-SU-15	7	25,9	938	655	135
M-SU-1	8	24,6	475	322	138
M-SU-2	7,2	26,1	221	145	186
M-SU-3	7,7	27,4	587	399	136
M-SU-4	6,65	18,8	389	265	1414
M-SU-5	6,7	25	263	172	142
M-SU-6	6,7	21,1	707	491	136
M-SU-7	7,85	22,5	818	572	138
M-SU-8	7,5	21,3	329	219	137
M-SU-9	7,35	21,1	539	370	135

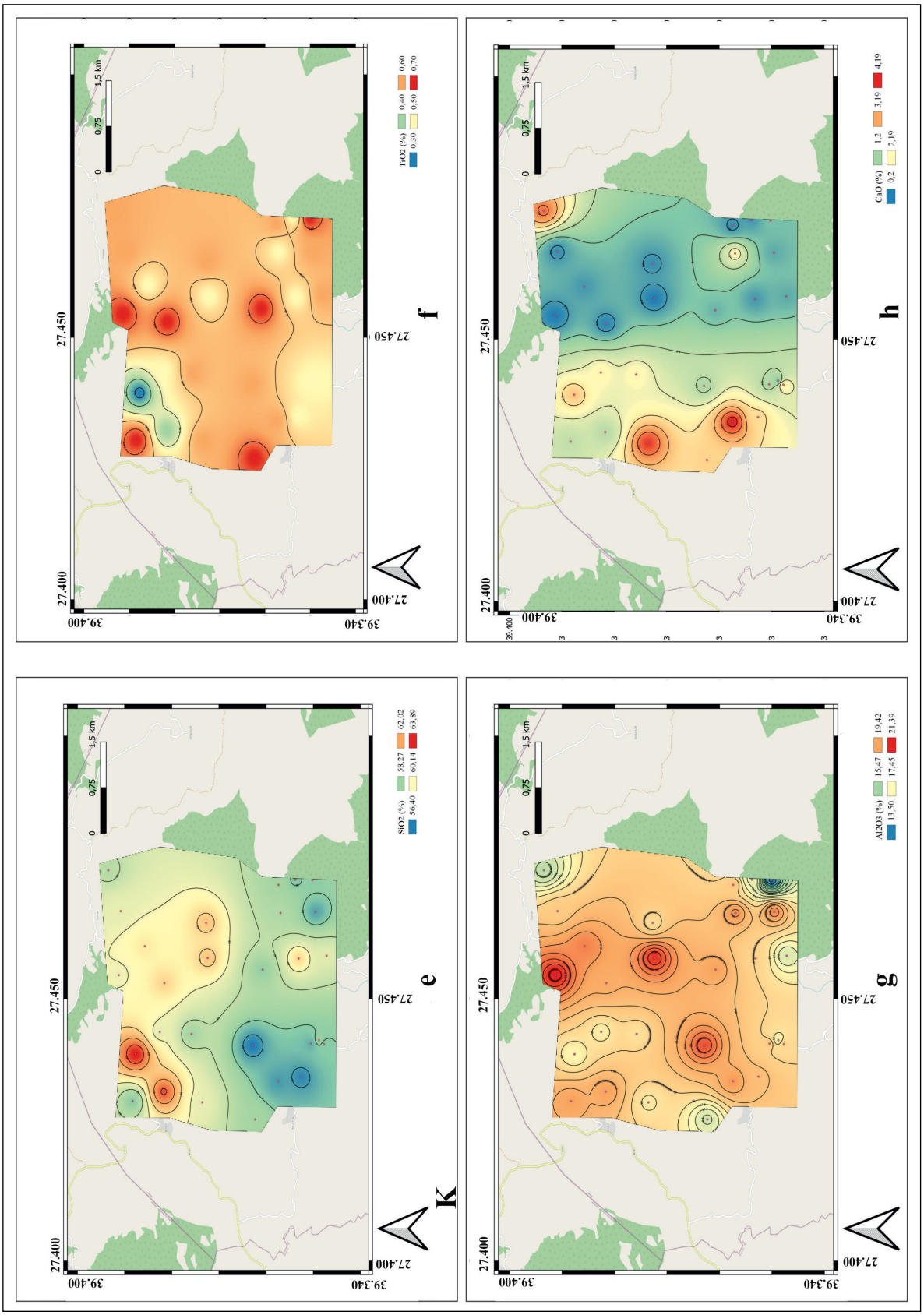
Tüm istasyonlarda ortalama Na_2O konsantrasyon değerleri ise ortalama kıta kabuğundan daha düşük olduğu görülmektedir. K_2O konsantrasyon değerleri ise andezit ve tüflerden (Yuntdağ Vokaniti) oluşan topraklarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle K_2O %9'a varan değerler alması alterasyonun etkili olduğunu akla getirmektedir (Şekil 7 a). Bu yüksek değer arjilik zonda meydana geldiği ve Alunit mineralini akla getirmektedir. Çalışma alanında MgO, m5 numaralı örnek hariç, tüm örneklerde konsantrasyonu kıta kabuğu ortalama değerinden düşük görülmektedir. Burada m5 numaralı örnek Yuntdağı Volkaniti üzerinde bulunmakta olup bu volkanitin içerisinde bulunan andezitik lavların "bazaltik andezit" sınıfında yer aldığını akla getirmektedir. Kaygusuz ve Şahin (2016) Mescitli (Torul/Gümüşhane) volkanik kayaçlarında yaptıkları çalışmada bazaltik andezitlerde %4,5 MgO konsantrasyonu ölçmüşlerdir.

Çalışma alanında Fe_2O_3 değeri kıta kabuğu ve ortalama şeyl değerlerinin altında konsantrasyon değerinde ölçülmüştür. SiO_2 konsantrasyon değerleri için m2 ve m6 örnekleri hariç diğer örnekler kıta kabuğu ve ortalama şeyl konsantrasyon değerleri ile paralellik göstermedir. Ortalama değerleri aşan bu iki örnek aglomeraların içinde oldukça yaygın olarak bulunan silisli parçacıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında Al_2O_3 konsantrasyon değerleri neredeyse bütün örneklerde ortalamanın üzerindedir. Özellikle diyorit-porfir türü kayaçlarda Al_2O_3 değeri görece yüksek görünmektedir (Şekil 7 b).

Toprak ve dere sedimanlarında majör oksit konsantrasyon değerlerini özetlemek gerekirse, değerlerin jeoloji kontrollü olduğu ve konsantrasyonlarda göreceli olarak artışlara sebep olarak, genellikle çalışma alanında bulunan ve örneklerin drenaj alanında veya kaynak kayaç veya potansiyeli bulunan, aglomera, diyorit porfir, bazaltik andezit kayaçlarından ve alterasyon (arjilik zonu) görülmektedir.



Şekil 7- Çalışma alanında majör oksitlerin dağılım haritaları; a) Fe_2O_3, b) K_2O, c) MgO, d) Na_2O



Şekil 7- devamı. e) Çalışma alanında majör oksitlerin dağılım haritaları; e) SiO_2, f) TiO_2, g) Al_2O_3, h) CaO.

4.1.2. Toprak ve Dere Sedimanlarındaki Zenginleşme Faktörleri (Ef) ve Jeobirikim İndekslerine (İgeo) göre Ağır Metallerin Değişim Konsantrasyonları

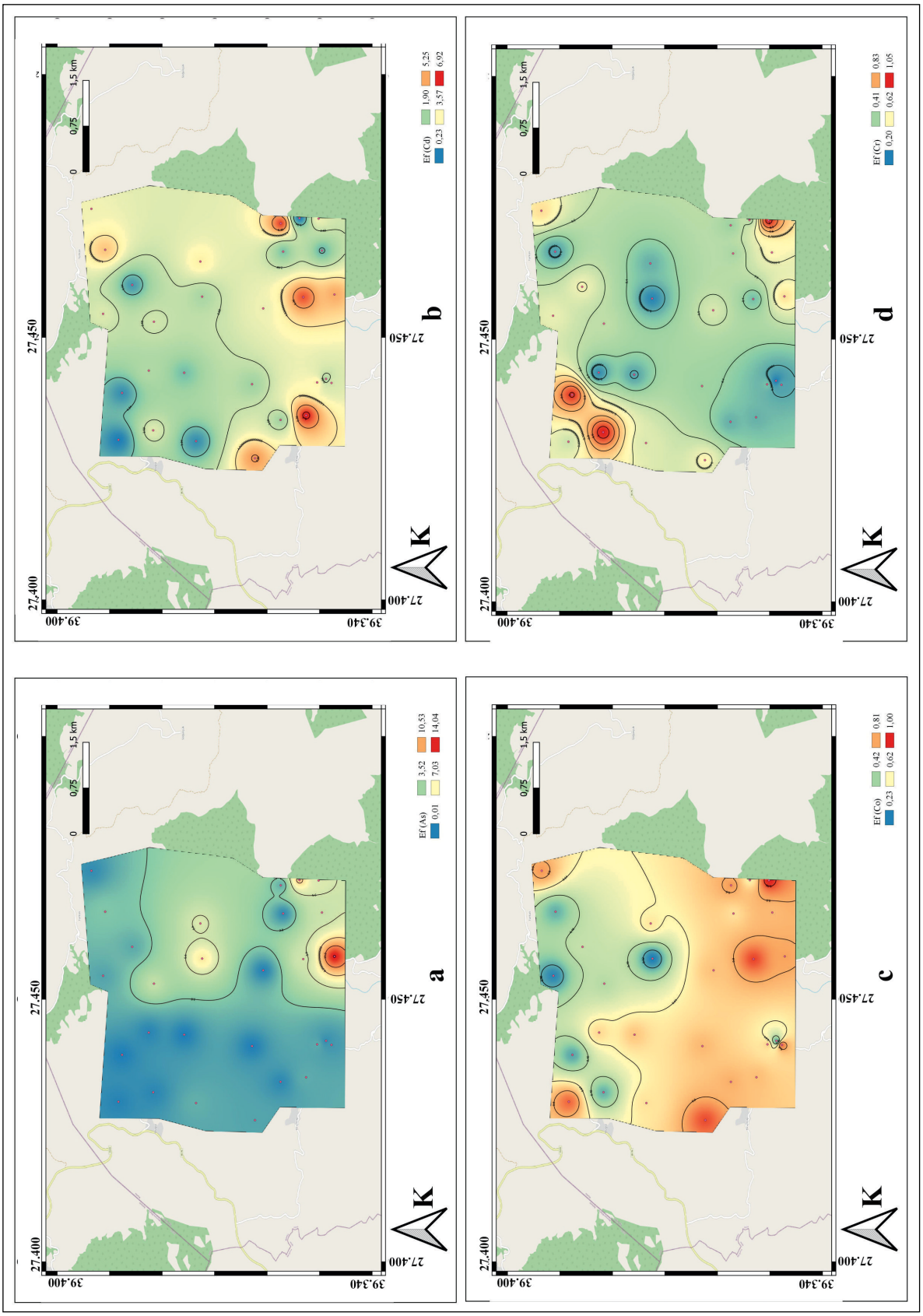
Ağır metallerin biyolojik çevre üzerindeki toksik etkileri oldukça çeşitlidir ve bu etkiler, bu metallerin kimyasal formlarıyla ilişkilidir. Canlı organizmalar üzerinde olumsuz etki gösteren metaller arasında bakır, krom, kadmiyum, kurşun, kobalt, nikel ve vanadyum gibi bazıları bulunur. Diğer taraftan, bazı ağır metaller (örneğin, Fe, Cu, Zn gibi) canlı organizmalar için gereklidir, ancak bunlar normal konsantrasyonlarını aştıklarında potansiyel toksik maddelere dönüşebilirler (Duffus ve Howard, 1996). Endüstriyel atıksular, ağır metal içeriği açısından önemli bir kirlenme kaynağıdır. Bu atıksuların arıtılmadan veya yalnızca ön arıtma işlemi geçirildikten sonra kanalizasyon sistemine deşarj edilmesi, ciddi riskler oluşturabilir. Su ortamında bulunan ve belirli bir konsantrasyonu aşan her türlü madde canlılar için zararlıdır (Yıldız, 2004).

Çalışma alanındaki toprak ve dere sedimanı örneklerinin ağır metal konsantrasyon değerlerini kullanarak Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeksler (Igeo) hesaplanmıştır. Zenginleşme Faktörü ve Jeokimyasal İndeks hesaplamaları sırasında normalizasyon işlemi alüminyum elementine göre gerçekleştirilmiş ve elementlerin ortalama değeri Turekian ve Wedepohl (1961)'ün küresel ölçekte referans olarak kullanılan çalışmalarından alınmıştır. Toprak ve dere sedimanları için hesaplanan Ef değerlerinin dağılım haritaları (Şekil 8 a, b, c)'da sunulmuştur.

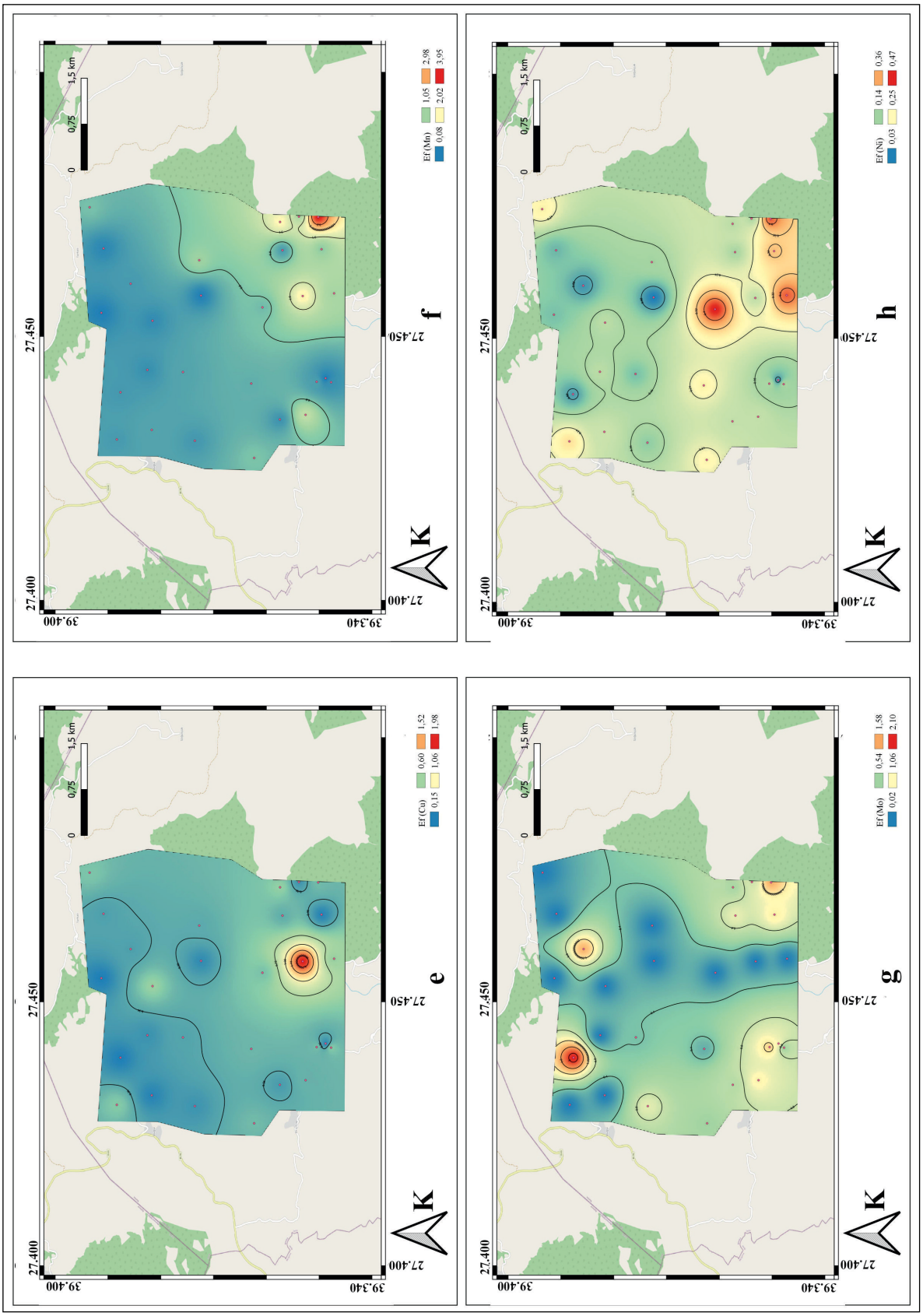
As, 0,09 ppm ile 203 ppm arasında değişen, ortalama 42,89 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Arsenik b19, m13, m19 ve m22 örneklerinde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsatrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonlar b19 ve m13 buluculuğa esas altın cevheri ile ilgili alterasyonlar ilşkili iken, m19 ve m22 farklı bir alterasyon sisteminden kaynaklıdır. Aynı istasyonlara yakın istasyonlarda Mangan zenginleşmesi de mevcuttur. Toprak ve dere sedimanlarında Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeobirikim İndeksi (İgeo) hesaplanan As elementi 0,01-14,05 arası Ef, -7,76 ile 3,38 arası Igeo değerine sahiptir. Bu değerlere göre As, Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile önemli derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler, kirli değil ile önemli derecede kirli sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

Pb, 23 ppm ile 294 ppm arasında değişen, ortalama 80,50 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında kurşunun ortalama değeri ortalama yerkabuğu değerinden yüksektir. Bu durum sahanın buluculuğa esas raporunda kurşun cevherleşmesi olduğu bilgisini akla getirmekte olup, konsantrasyon artışları bu duruma sebep olan alterasyonlar ile ilgilidir. Çalışma alanındaki sedimanlarda, Pb elementi için hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) 0,98 ile 11,51 arasında değişirken, Jeokimyasal İndeks (İgeo) değerleri -0,38 ile 3,29 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, Pb elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyden önemli derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, İgeo Kirlilik İndeksine göre örnekler, kirlenmemiş ile önemli derecede kirli sınıfında yer almaktadır.

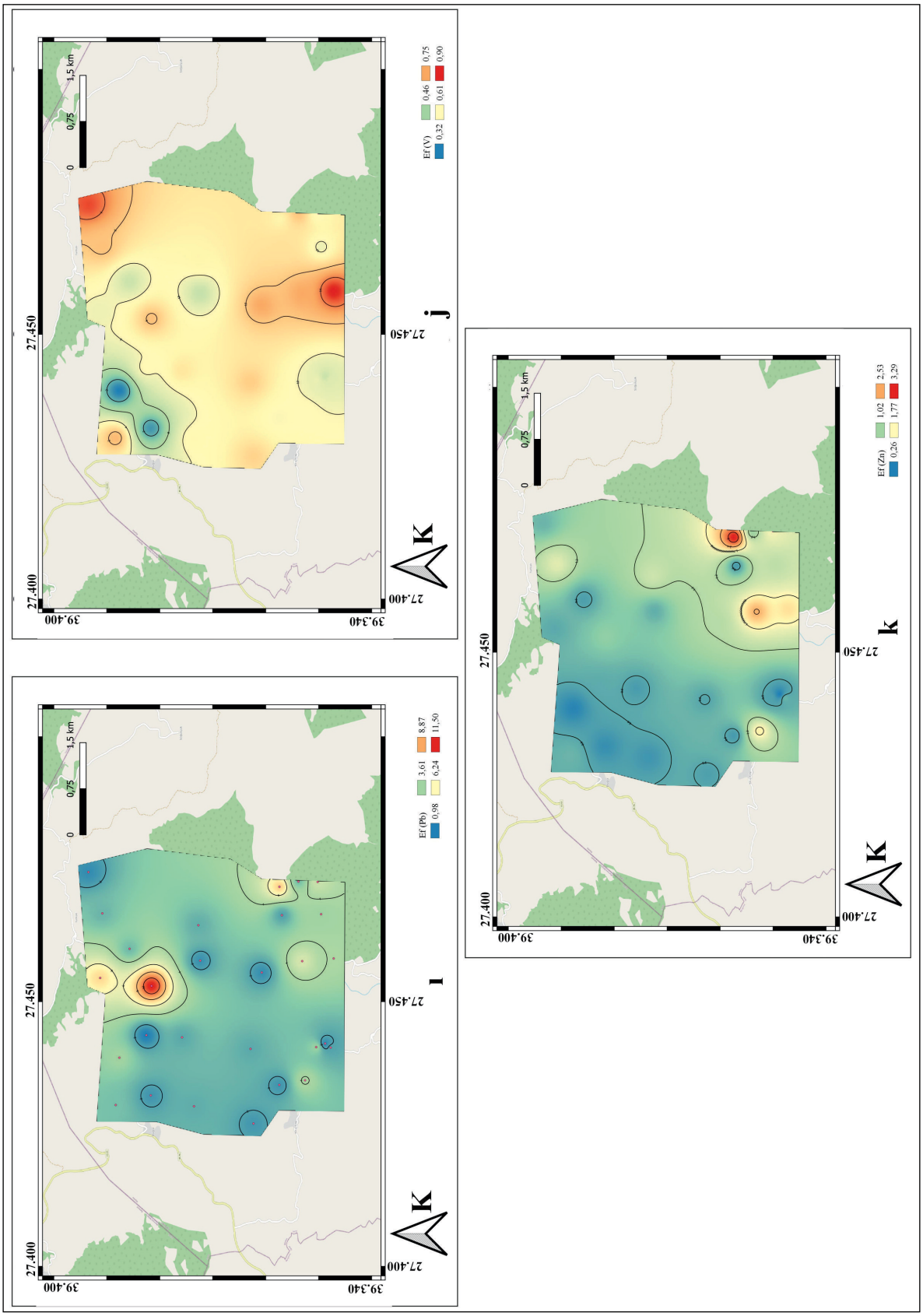
Cr (Cr^{+3} ve Cr^{+6} toplamı), 21 ppm ile 122,3 ppm arasında değişen, ortalama 53,33 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Cr, m2 ve m6 örneklerinde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar aglomeralar üzerinde bulunmaktadır. Aglomeralar volkan bombaları ve lapillerin rastgele bir şekilde çimentolanması ile oluştuğu için Cr için taşınım mekanizmalarını akla gelmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Cr elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,20 ile 1,05 arasında değişirken, Igeo değerleri -2,68 ile -0,14 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Cr elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.



Şekil 8- Toprak ve dere sedimanlarında; a) As, b) Cd, c) Co, d) Cr için zenginleşme faktörü dağılım haritası.



Şekil 8- devamı, e) Cu, f) Mn, g) Mo, h) Ni için zenginleşme faktörü dağılım haritası.



Şekil 8- devamı, ı) Pb, j) V, k) Zn için zenginleşme faktörü dağılım haritası.

Co konsantrasyonu, 6,00 ppm ile 22,20 ppm arasında değişen, ortalama 15,34 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Kobalt, magmatik kayaçların ortalama konsantrasyonun altında değerler almaktadır. Önemli sayılabilecek bir sanayi tesisinin olmadığı bu bölgede Co konsantrasyonun tamamının doğal jeolojik etkinin olduğunu söylemek mümkündür.Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Co elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,23 ile 1,01 arasında değişirken, Igeo değerleri -2,25 ile -0,36 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Co elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.

Ni konsantrasyonu, 2,70 ppm ile 41,8 ppm arasında değişen, ortalama 16,19 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Nikel, magmatik kayaçların ortalama konsantrasyonun altında değerler almaktadır. Önemli sayılabilecek bir sanayi tesisinin olmadığı bu bölgede Ni konsantrasyonun tamamının doğal jeolojik etkinin olduğunu söylemek mümkündür. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Ni elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,03 ile 0,48 arasında değişirken, Igeo değerleri -5,24 ile -1,29 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Ni elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.

Cu konsantrasyonu, 7,8 ppm ile 109,0 ppm arasında değişen, ortalama 23,21 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Bakır, sadece b12 örneğinde magmatik kayaçların ortalama değerlerini geçmektedir. Bu örnek andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Kaygusuz ve Şahin (2016) Mescitli (Torul/Gümüşhane) volkanik kayaçlarında yaptıkları çalışmada andezitlerde 200 ppm'e kadar Cu konsantasyonu ölçmüşlerdir. Bu durum bize b12 örneğinde göreceli olarak tespit edilen anomolinin kayaç jeokimyasından kaynaklı olabileceğini akla getirmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Cu elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,15 ile 1,99 arasında değişirken, Igeo değerleri -3,11 ile 0,69 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Cu elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeyde zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirli değil ile kirlenmeye başlamış sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

Zn konsantrasyonu, 29,0 ppm ile 388,00 ppm arasında değişen, ortalama 115,07 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Çinkonun ortalama değeri magmatik kayaların ortalama değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum sahanın buluculuğa esas raporunda Çinko cevherleşmesi olduğu bilgisini akla getirmekte olup, konsantrasyon artışları bu duruma sebep olan alterasyonlar ile ilgilidir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Zn elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,26 ile 3,30 arasında değişirken, Igeo değerleri -2,30 ile 1,45 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Zn elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile orta derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile orta derecede kirlenmiş sınıfında yer almaktadır.

Mo konsantrasyonu, 0,09 ppm ile 6,40 ppm arasında değişen, ortalama 1,77 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Molibden, m2, m9, b11 örneklerinde göreceli olarak daha yüksek değerler almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Karaman (2021), Karakavak ve Çukurhüseyin (Balıkesir) köyleri civarındaki volkanik kayaçların petrografisi ve jeokimyasını incelediği çalışmasında andezitlerde 5 ppm'e varan konsantrasyon değerleri ölçmüşlerdir. Bu durum göreceli anomalilerdeki artışın belli bir kısmını açıklamaktadır. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Mo elementi için değerler

şu şekildedir: Ef değerleri 0,02 ile 2,11 arasında değişirken, Igeo değerleri -5,44 ile 0,71 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Mo elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile orta derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile kirlenmeye başlamış sınıfında yer almaktadır. Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

Mn konsantrasyonu, 77,0 ppm ile 3003,0 ppm arasında değişen, ortalama 760,71 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Mangan, m23, b12, b7 numaralı numunelerde diğerlerine göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmakta olup, çok sık bir orman örtüsü bulunmaktadır. Hiçbir insan etkisinin olmadığı bu bölgede Mn zenginleşmesi aynı numunelerde K (potasyum) zenginleşmesi ile paralellik göstermektedir. Mangan konsantrasyonunda ki bu artış andezit kayaç jeokimyası ile açıklanamamaktadır. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Mn elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,08 ile 3,96 arasında değişirken, Igeo değerleri -4,05 ile 1,24 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Mn elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile orta derecede arasında zenginleşme göstermektedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile orta derecede kirli sınıfında yer almaktadır.Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

V konsantrasyonu, 49,0 ppm ile 129,4 ppm arasında değişen, 100,6 ortalama ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Çalışma alanında Vanadyum, b19, b6 ve b5 numaralı istasyonlarda göreceli olarak daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu örnekler andezit-tüf üzerinde yer almaktadır. Kaygusuz ve Şahin (2016) Mescitli (Torul/Gümüşhane) volkanik kayaçlarında yaptıkları çalışmada andezitlerde 213 ppm'e kadar V konsantrasyonu ölçmüşlerdir. Bu durum bize b19, b6 ve b5 örneğinde göreceli olarak tespit edilen anomolinin kayaç jeokimyasından kaynaklı olabileceğini akla getirmektedir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen V elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,32 ile 0,90 arasında değişirken, Igeo değerleri -1,99 ile -0,59 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, V elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzeydedir. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.

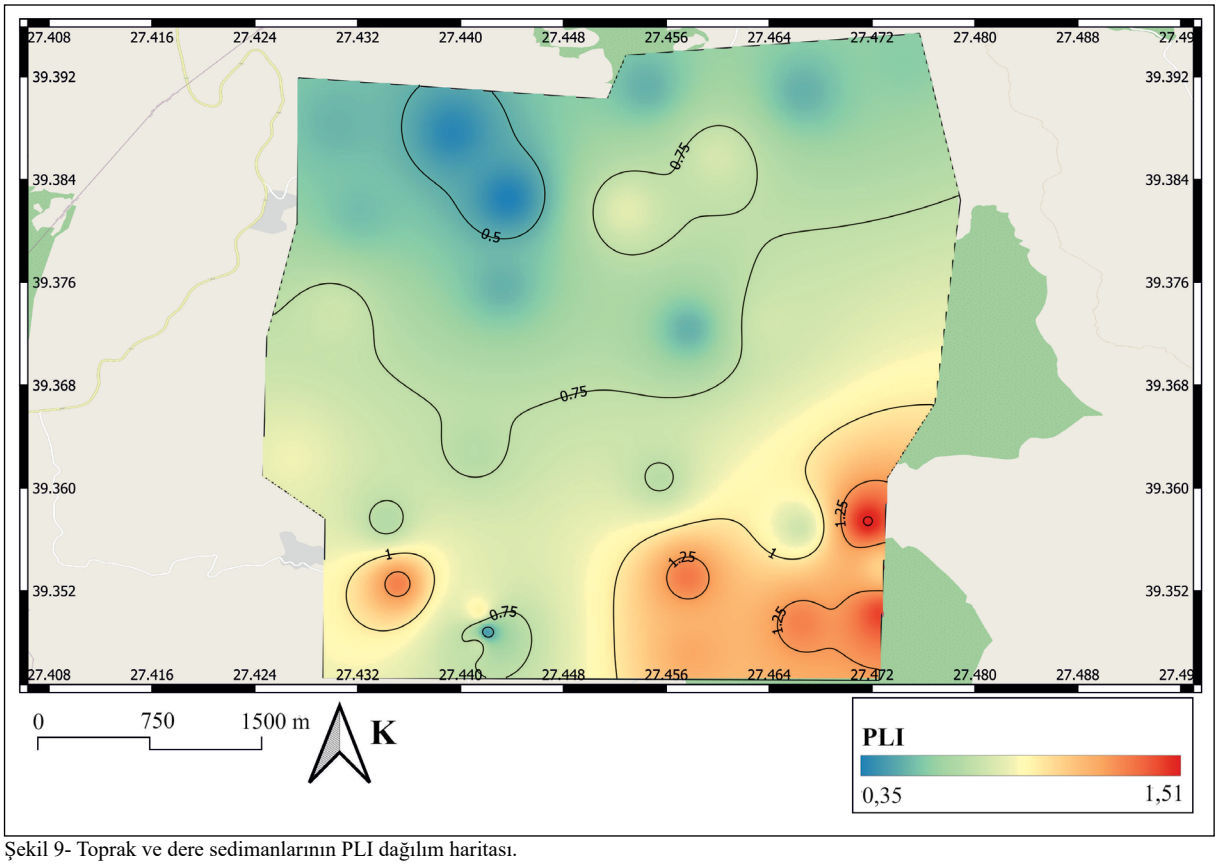
Cd konsantrasyonu, 0,09 ppm ile 2,60 ppm arasında değişen, 1,06 ppm ortalama değer almaktadır. Çalışma alanında Kadmiyum, b10, b7 ve b12 numaralı örneklerde diğer istasyonlara göre daha yüksek konsantrasyon değerleri almaktadır. Bu istasyonlar andezit-tüf üzerinde bulunmaktadır. Karaman (2021), Karakavak ve Çukurhüseyin (Balıkesir) köyleri civarındaki volkanik kayaçların petrografisi ve jeokimyasını incelediği çalışmasında andezitlerde 0,9 ppm'e varan konsantrasyon değerleri ölçmüşlerdir. Toprak ve dere sedimanlarında hesaplanan Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeokimyasal İndeks (Igeo) ile belirlenen Cd elementi için değerler şu şekildedir: Ef değerleri 0,23 ile 6,93 arasında değişirken, Igeo değerleri -2,32 ile 2,53 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, Cd elementi Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre minimum düzey ile önemli derecede arasındadır. Aynı şekilde, Igeo Kirlilik İndeksine göre örnekler kirlenmemiş ile kirlenmemiş sınıfında yer almaktadır.Bu kirliliğin sebebi sadece insan aktiviteleri olmayıp, büyük ölçüde kayaç jeokimyasından gelmektedir.

4.1.3. Kirlilik Faktörleri (Cf) ve Kirlilik Yükü İndeksleri (PLI)

Toprak ve dere sedimanı örneklerinin analiz sonuçlarına göre, Kirlilik Faktörü (Cf) değerlendirmesi şu şekildedir: Tüm örnekler Co ve Cu için az kirlenme ile orta derecede kirlenme arasında, Ni için az kirlenme, Zn için az kirlenme ile önemli derecede kirlenme arasında, Mn için az kirlenme ile önemli derecede kirlenme arasında, V için az kirlenme, Pb için orta derecede kirlenme ile aşırı derecede kirlenme arasında, As için az kirlenme ile aşırı derecede kirlenme arasında, Cr ve Mo için az kirlenme ile orta derecede kirlenme arasında, Cd için az kirlenme ile

aşırı derecede kirlenme arasında değişen dağılımlar göstermektedir.

Toprak ve dere sedimanları, Kirlilik Yükü İndeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde, 21 örnek 1 değerinin altında olduğu için tüm ağır metal içeriklerine göre kirlenmemiş kabul edilirken, diğer örnekler 1 değerinin üzerinde tespit edilmiştir (Şekil 9).



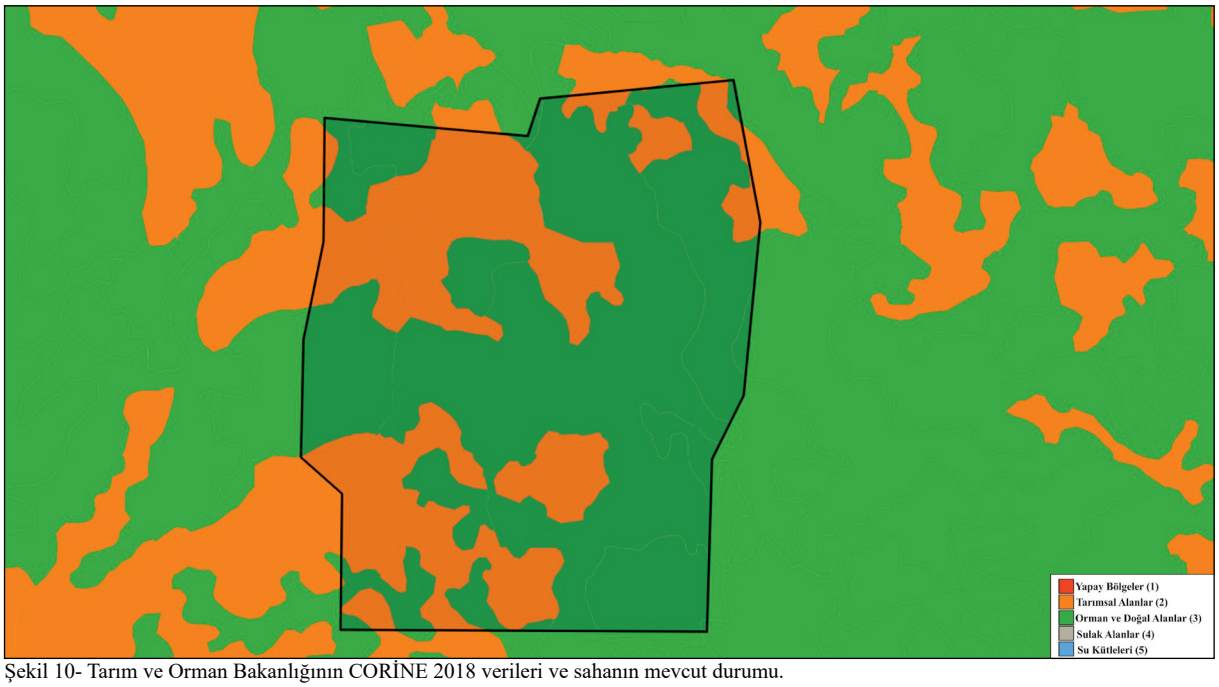
Şekil 9- Toprak ve dere sedimanlarının PLI dağılım haritası.

4.2. Sahanın Tarım, Orman ve Endüstri Alanları ile Mevcut Durumu ve İstatiksel Değerlendirilmesi

Çalışma alanının oluşturan Soma Çatalçam polimetal sahası Soma ilçesinin kuzeybatısında yer almaktadır. Saha sanayi tesislerine oldukça uzak bir mesafede bulunmakta olup, saha yakınlarında sadece bir jeotermal tesis bulunmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığının CORİNE 2018 haritaları verilerine göre çalışma sahası poligonu içerisinde % 65,93 orman ve yarı doğal alanlardan, % 34,07 ise tarım alanlarından oluşmaktadır (Şekil 10).

4.3. Toprak ve Dere Sedimanlarında Parametrelerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Tüm örneklerin metal konsantrasyonları için temel istatistik değerleri hesaplanmıştır, bu değerler arasında minimum ve maksimum konsantrasyon değerleri, medyan, ortalama değer ve standart sapma bulunmaktadır. Buna göre toprak ve dere sedimanında ortalama olarak en yüksek değer Mn elementine aittir. En düşük ortalama konsantrasyon değerine Kadmiyum sahiptir. Alınan örneklerden yapılan analizlere göre metal bollkuk değerleri Mn>Zn>V>Pb>Cr>As>Cu>Ni>Co>Mo>Cd şeklinde

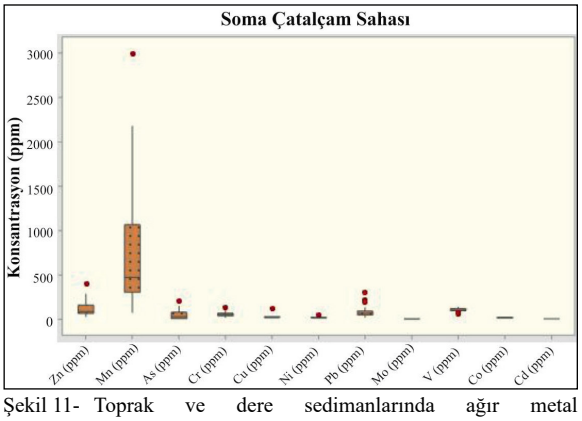


Şekil 10- Tarım ve Orman Bakanlığının CORİNE 2018 verileri ve sahanın mevcut durumu.

sıralanmaktadır. Mangan değerinin en yüksek değeri alması yer manganın yerkabuğu ortalamasının diğer metallere oranla daha yüksek olmasından kaynaklansa da sahanın en doğusunda mangan bir anomoli değeri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ağır metallerin ve beraber biriktirdiği materyallerin ortak zenginleşme eğilimi hakkında fikir sahibi olmak için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre dere sedimanı ve toprakta Çinko, Kadmiyum, Mangan ve Bakır ile ve Nikel, Kobalt ile en yüksek korelasyon katsayılarına sahiptir. Metallerde Zn-Pb ve Ni-Co birlikte zenginleşmeleri belirli kayaçların jeokimyasında örneğine sıklıkça rastlanan bir durum olduğu için çalışma alanında bu metallere ait kirliliklerde litojenik etkinin gözardı edilmemesi gereken bir durum olduğunu göstermektedir. Çevresel etki ile litojenik etkinin ayrılmasında önemli bir gösterge olan P_2O_5 gübrede kullanılmaktadır. Çalışma alanında P_2O_5 ile V arasında en yüksek korelasyon katsayısının olması bir miktar Vanadyumun gübreden geldiğini göstermektedir. Aynı zamanda P_2O_5 ile Cd, Cu, Ni, Co ile istatiksel açıdan anlamsız fakat pozitif değer göstermesi benzer şekilde tarımsal faaliyetlerin etkisiyle geldiği fikrini düşündürmektedir.

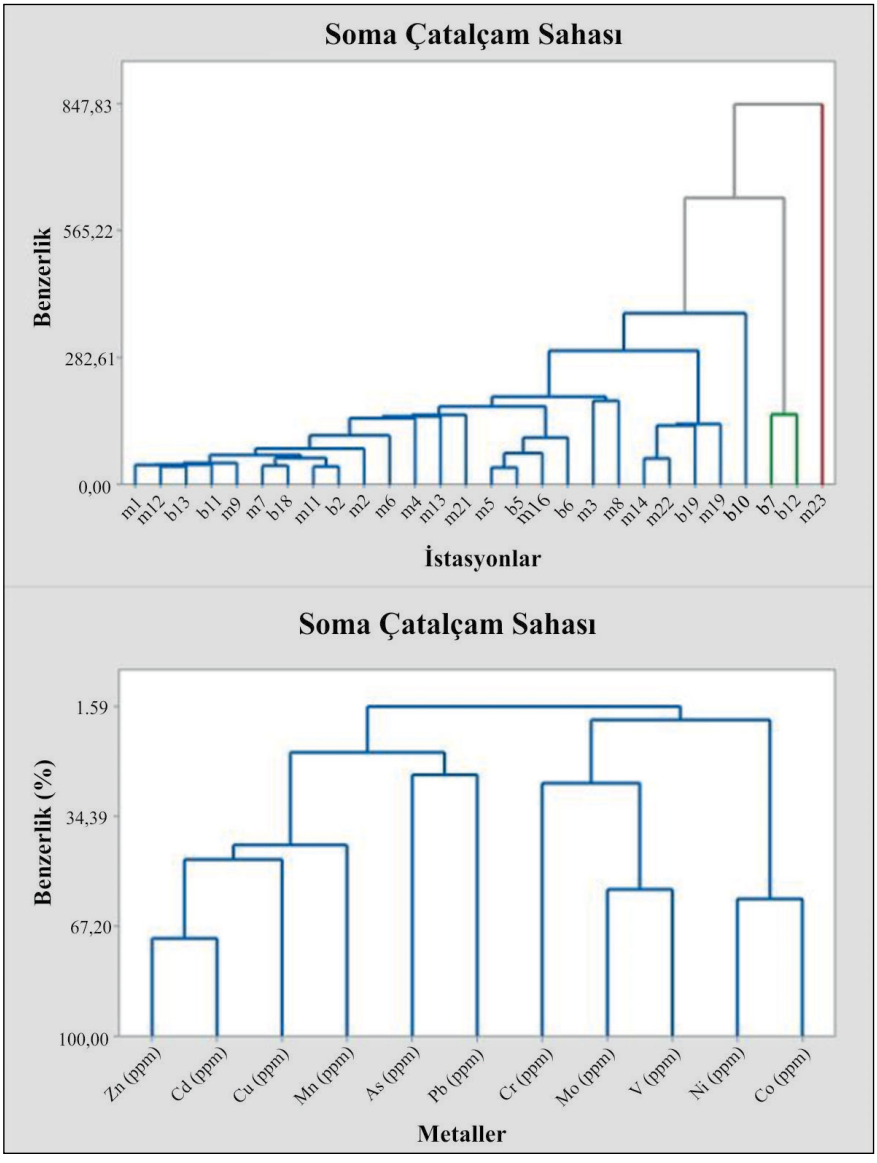
Ağır metal konsantrasyonlarındaki temel istatistik verileri, maksimum, minimum ve medyan değerlerini görselleştirmek ve konsantrasyonların dağılımını daha iyi anlamak amacıyla kutu grafikleri kullanılarak sunulmuştur. Kutu grafiklerine bakıldığında, tüm dere sedimanları için Mn konsantrasyonunun geniş bir aralıkta olduğu gözlenirken, Zn, As, Cr, Ni, Co, Cu, Pb, V, Mo ve Cd konsantrasyonlarının dar bir aralıkta yer aldığı görülmüştür (Şekil 11). Zn, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, V metallerindeki noktasal kaçışlar, ortalama değerlerden sapma anlamına gelmektedir.



Şekil 11- Toprak ve dere sedimanlarında ağır metal konsantrasyonlarının kutu grafik gösterimi.

İstatistik biliminde dendogramlar, kümeler arasındaki hiyerarşik yapıyı göstermek için kullanılan ağaç şemalarıdır (Akın, 2017). Kümeler, girdi verilerin benzerlik oranlarına göre oluşturulur ve gruplandırılır. Bu çalışmada, dere sedimanı örneklerinde benzer ağır metal içeriklerine sahip yerlerin belirlenmesi amacıyla dendogramlar oluşturulmuştur (Şekil 12).

Dere sedimanı numunelerinin dendogram grafikleri incelendiğinde, birbirine yakın yerlerde bulunan istasyonların yüksek benzerlikte içerik gösterdiği ve grupların kendi aralarında oluşturduğu, m23, b7 ve b12 numaralı örneklerin ise toplam ağır metal yükünün en fazla olduğu örnekler olarak tekil olarak hiyeraşik bir üstünlükte olduğu anlaşılmaktadır.

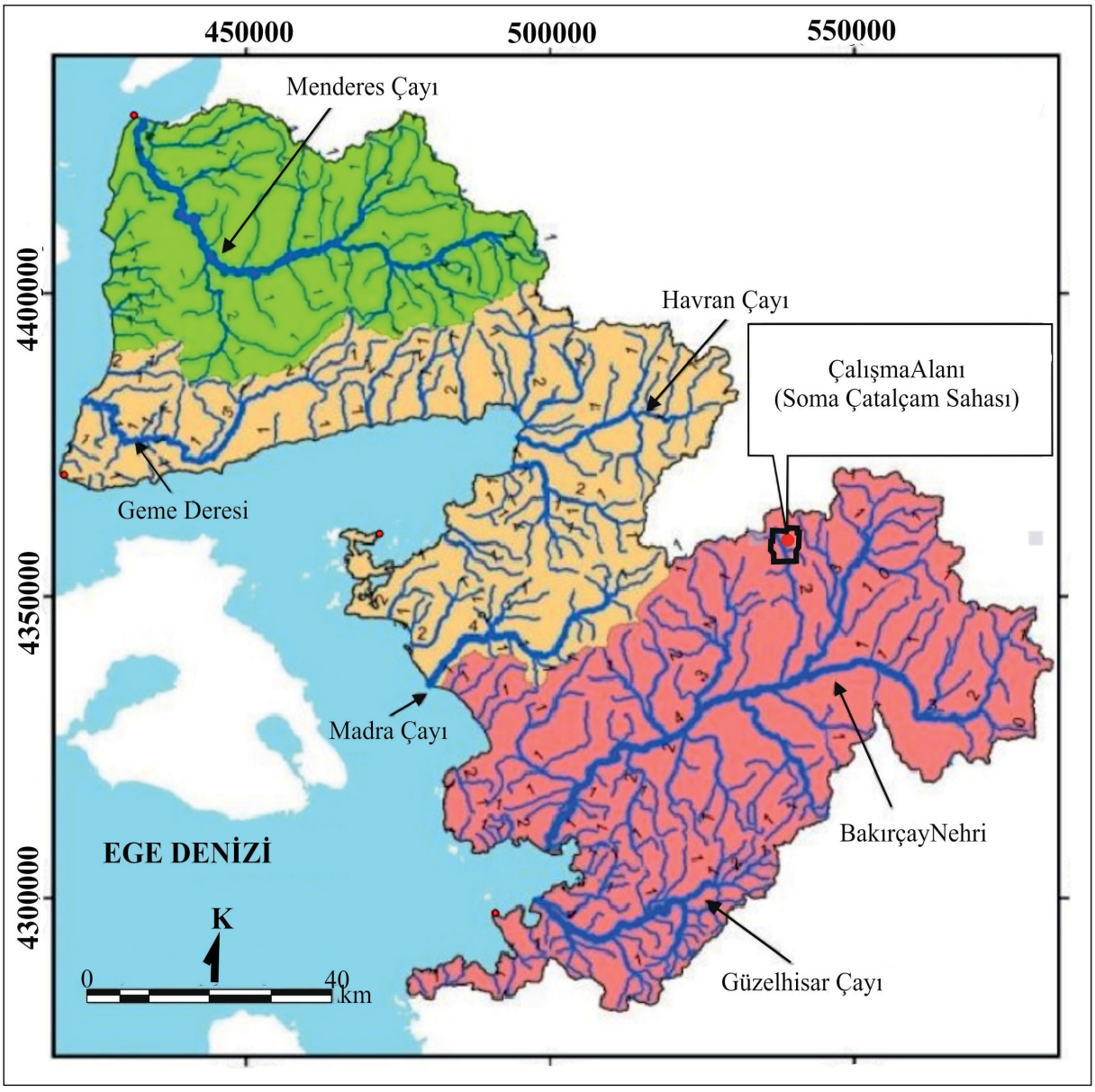


Şekil 12- Yüzey örneklerinin (grabler) metal içeriklerine göre benzerliklerini ve hiyerarşik sıralamalarını gösteren dendogram grafiği.

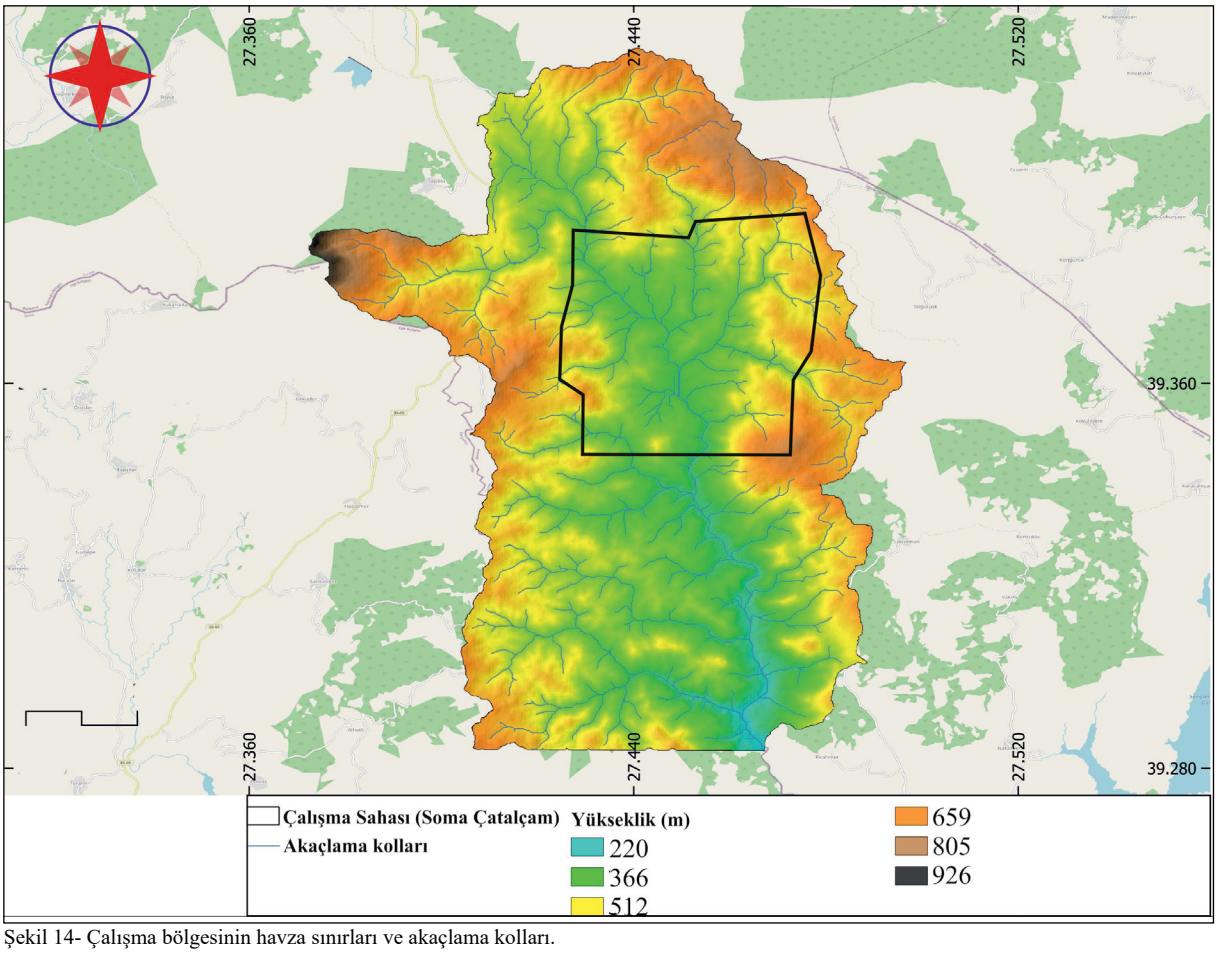
4.4. Su Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Sahanın su parametrelerinin çevresel açıdan kalitesinin değerlendirilmesi ve hidrojeokimyasal açıdan yapılacak yaklaşımları içermektedir. Sahadan ve çevresinden bu amaca yönelik olarak asitli ve asitsiz su örneklemeleri yapılmıştır. Çalışma alanı Kuzey Ege Havzasının Bakırçay Alt Havzasında bulunmakta ve bu alt havza, kuzeybatıda Ürkütler Köyü, doğuda Söğütler Köyü, güneyde Yalnızdam Köyü, kuzeyde Döşeme Köyünün 2 km kuzeyi ile sınırlıdır (Şekil 13). Çalışma alanının drenaj alanı bu havza ile sınırlıdır. Buna göre havza içerisinde yer alan kayaç çalışma alanında en fazla 926 metre yükseklik göstermektedir (Şekil 14).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde bulunan sınıflandırma değerlerine göre; ağır metal içeriği bakımından çalışma alanı içerisindeki ve etrafındaki yüzey ve yeraltı suları I., II. ve III. sınıf su olarak değerlendirilmiştir. As bakımından IV. sınıf olarak değerlendirilen örnek kaplıcanın hemen mansabında yer alan yüzey suyudur. As bakımından III. sınıf su



Şekil 13- Soma Çatalçam sahası alt havzası.



Şekil 14- Çalışma bölgesinin havza sınırları ve akaçlama kolları.

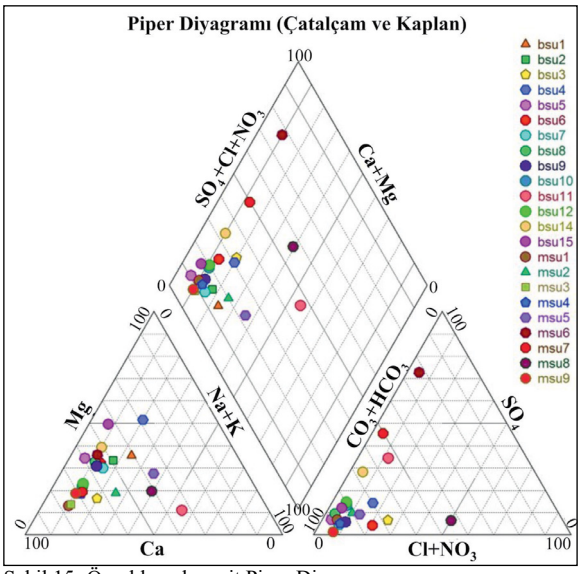
olan BSU-5 Duğla Köyü yeraltı suyu, MSU-1 ise Çatalçam Köyü yeraltı suyudur. Bu iki sudan Çatalçam Köyü'ne ait olanı kayaç kaynaklı olup, Au buluculuk sınırı içindedir. Duğla Köyü ise farklı bir yeraltı suyu kütlesine ait bir örneklemedir.

4.4.1. Hidrojeokimyasal ve Su Kalitesine Yönelik Değerlendirmeler

Sahaların madencilik öncesi su kalitesine yönelik parametrelerin ortaya konulmasi ilerleyen dönemlerde madencilik yapılması durumunda kirlilik durumunun veya jeojenik temel değerin bilinmesi yönünden önemlidir. Su kalitesi hem akiferi oluşturan kayaçların jeokimyasından hemde insan aktivitilerinden etklenmektedir. Bu parametrelerin kurak ve sulak dönemlerde ölçümü ve değerlendirilmesi insan etkisinin akifer jeokimyası ile ayırt edilmesini sağlayarak, bir ölçüde jeolojik temel değerlerin ortaya konulmasını sağlamaktadır.

Soma Çatalcam ve Bergama Kaplanköy içinden ve çevresinden alınan sularda anyon ve katyonların iyon dengesine bakıldığında yeraltı sularının alkalin değerleri $(HCO_3)^-$ yüzey sularına oranla daha fazla olduğu izlenmektedir. Yine yeraltı sularında yüksek miktarda Mg iyonunun olduğu bsu4 örneği, BSU-15 gibi farklı bir yeraltı suyu kütlesine aittir.

Soma Çatalçam çalışma alanından alınan örneklemelerin iyon analiz sonuçlarına göre yoğunlukları ve su fasiyesi BSU-1, BSU-2, BSU-3, BSU-5, BSU-6, BSU-7, BSU-8, BSU-9, BSU-10, BSU-12, BSU-14, MSU-1, MSU-2, MSU-3, MSU-4, MSU-5, MSU-7, MSU-8 ve MSU-9 numunelerinde baskın iyon; $Ca(HCO_3)^2$'dir. BSU-4, BSU-15 örneklerinde baskın iyonlar $MgCO_3$, BSU-11 örneğinde baskın iyon $NaHCO_3$'tür, MSU-6 örneğinde ise baskın iyon $CaSO_4$'tür (Şekil 15).



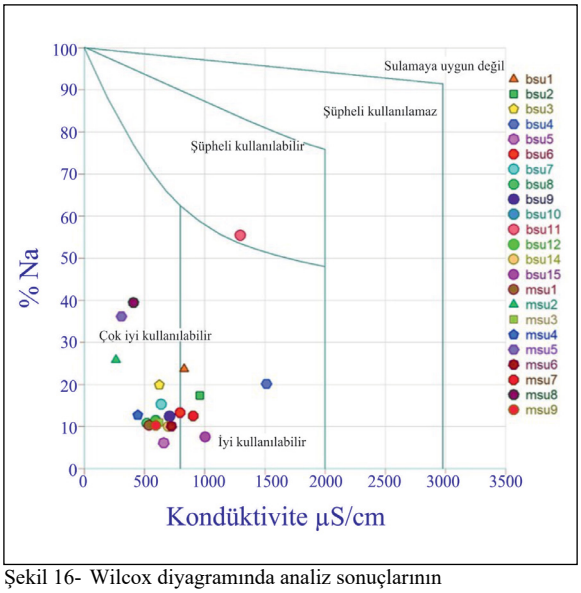
Şekil 15- Örneklemelere ait Piper Diyagramı

Schoeller yarı logaritmik diyagramı üzerine suların kimyasal bileşimi karşılaştırılmıştır. Buna göre BSU-4 ve BSU-11 örneklerinin (Ürkütler köyü ve jeotermal tesis mansabı) Cl^- içeriğinin diğer örneklere oranla fazla olması yeraltı suyunun farklı bir yeraltı suyu kütlesine ait olmasından ve jeotermal kaynağın doğal özelliğinden kaynaklanmaktadır. MSU-6 ve MSU-7 örneklerinde SO_4^- içeriğinin diğer örneklere oranla fazla olması farklı bir kökeni işaret etmektedir.

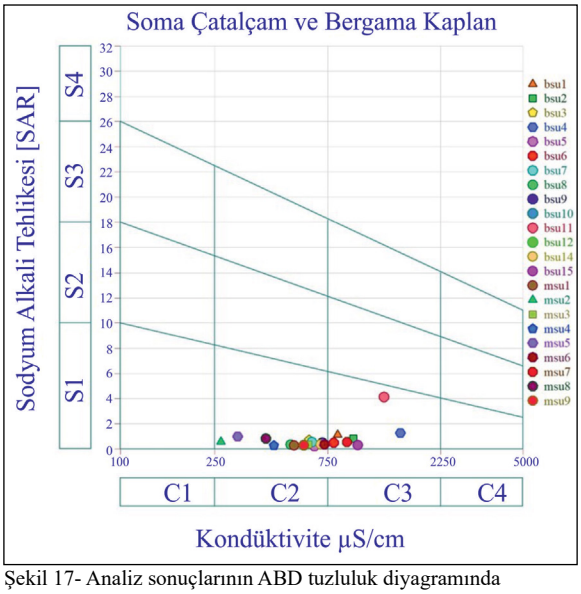
Sularının kimyasal bileşimleri Durov diyagramına göre incelendiğinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak yüzey suları ve yeraltı sularının çoğunluğu $Ca(HCO_3)^2$ fasiyesindedir. Suların fiziksel köken olarak yorumlanmasında kullanılan Gibbs diyagramına göre tüm sular kayaç (akifer) kökenlidir. Suların anyon ve katyonların içeriğine göre sınıflandırılmasında ise Chadha diyagramı kullanılmıştır. Diyagrama göre MSU-4, 5, 6, 7 ve 8 suları ve BSU-11 ve 14 suları gruplamanın dışında kalmaktadır.

Stiff diyagramında BSU-2, 4 ve 15 örneklerinde HCO_3+CO_3 iyonlarının görece olarak diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir. BSU 2-4-11-15 ve MSU 7 örneklerinin ise Ca iyonu içeriği fazladır. BSU-4 ve 11 örneklerinin ise Na+K iyon konsatrasyonu diğer numunelere göre daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Su parametrelerinin kalitesi ise Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramları kullanılarak değerlendirlemiştir. Wilcox diyagramına BSU-11 örneği hariç göre sular çok iyi kullanılabilir ve iyi kullanılabilir sınıfına düşmüştür (Şekil 16). BSU-11 örneği jeotermal kaynaklı sudur.

Sodyum alkali tehlikesinin değerlendirildiği ABD tuzluluk diyagramında (Şekil 17) ise sular C2-S1 ve C3-S1 sınıfına düşmüştür. Bu iki sınıf düşük sodyum alkali tehlikesi sınıfını oluşturmaktadır. Yine de BSU-11 (jeotermal) ve BSU-4 (Ürkütler Köyü yeraltı



Şekil 16- Wilcox diyagramında analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.

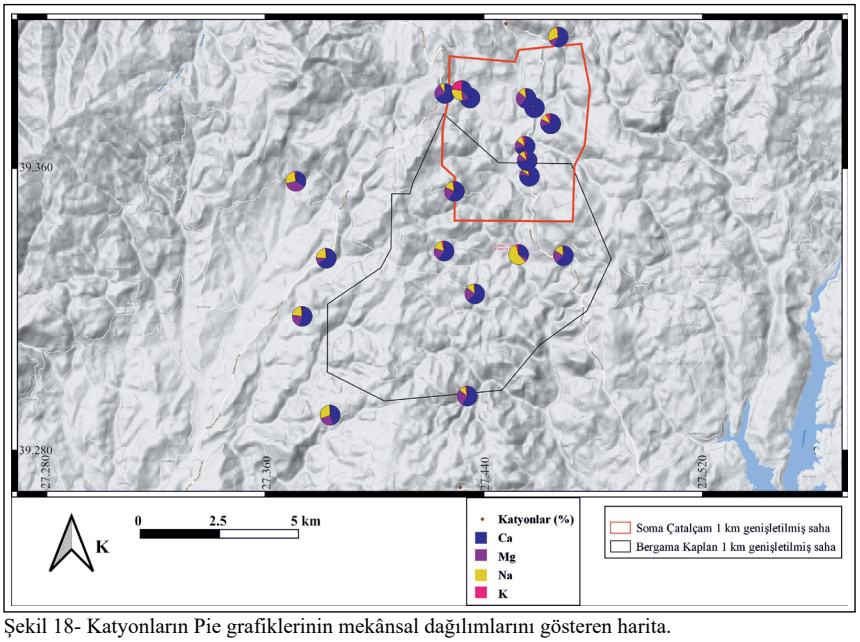


Şekil 17- Analiz sonuçlarının ABD tuzluluk diyagramında değerlendirilmesi.

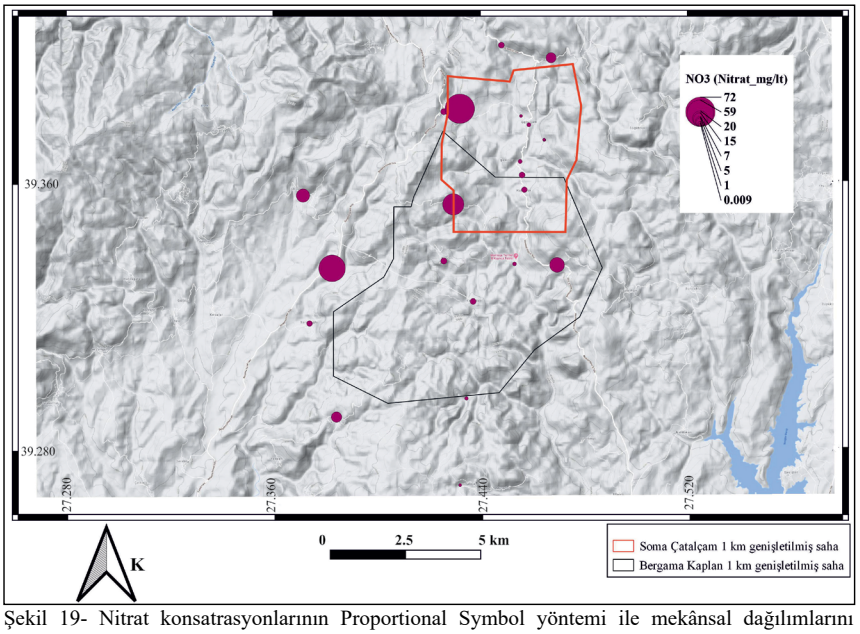
suyu örneği) örneği bu gruptan aykırı bir durum sergilemektedir.

Suların kimyasındaki değişimlerin mekânsal dağılım tekniğine göre harita üzerinde gösterilmesi çevresel ve jeolojik faktörlerin etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Pie grafiği dağılımına göre bölgenin doğusunda yer alan BSU-4 (Ürkütler köyü) yer altı suyunda Mg iyonunda belirgin bir artıştan söz etmek mümkünken, yerüstü suyu olan MSU-8 de en yüksek K iyonu gözlenmektedir (Şekil 18). BSU-11 (jeotermal suyu) örneğinde ise en yüksek Na iyonu ölçülmüştür.

Çevresel kalite göstergelerinden olan nitrat içeriğinin mekânsal dağılımı genellikle yüzey sularında, yeraltı sularına oranla daha yüksek görülmektedir (Şekil 19). Çalışma alanında en yüksek



Şekil 18- Katyonların Pie grafiklerinin mekânsal dağılımlarını gösteren harita.



Şekil 19- Nitrat konsatrasyonlarının Proportional Symbol yöntemi ile mekânsal dağılımlarını gösteren harita.

nitrat değeri MSU-8 örneğinde görülmektedir. Bu örnek yüzey suyu olup, arazi gözlemlerine göre hayvancılık faaliyetlerinde kullanılmaktadır.

5. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, sensörlerin kullandığı enerjiye göre pasif ve aktif olmak üzere ikiye ayrılarak sınıflandırılmaktadır. Pasif algılama güneş ışığının etkisiyle nesneden yansıyan enerjiyi tanımlar. Güneş ışığı atmosferden geçerek yeryüzündeki bir obje veya yüzeye ulaştıktan sonra, o yüzey veya objenin cinsine göre ışığın belli bir dalga boyundaki spektrumu yansıtılır. Belirli bir alandan yansıtılan enerjinin ölçülmesi ve koordinatlarının kullanılmasıyla yüzey özellikleri veya nesneye ait spektral aralıklar belirlenir (Karahalil, 2014). Proje kapsamında; pasif algılama sistemi içerisinde yer alan olan ASTER uydu görüntüleri UTM/WGS84 koordinat sistemine koordinatlandırılmış, geometrik ve atmosferik olarak düzeltilmiş, daha sonra görüntüde yer alan su, bitki örtüsü ve varsa bulut/kar bölgeleri maskelenerek görüntü üzerinde kapatılmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

Çalışmada 4 adet Terra Aster uydu verisi kullanılmış olup (ASTL1B 0009200918100203100870, ASTL1B 0009200918190203100871, ASTL1B 0308120902490309090007, ASTL1B 0308120902400406080025) bu verilerin stereo modundaki görüntülerinden çizgisellik haritası elde edilmiştir. Aynı uydu verilerinin SWIR bantları kullanılarak anomali sahaları tespit edilmiştir.

Sahanın çizgisellikleri Terra ASTER uydu verisine haiz olan stereoskopik özellikten faydalanılarak [RGB: 3N(nadir), 3B(backward), 3B(backward)], 3 boyutlu stereoskopik görüntüden elde edilmiştir. Bu görüntü kuzeye göre saat yönünde 90 derece döndürülerek oluşturulmuş, daha sonrasında bu işlem sırasında kullanılan özel stereoskopik gözlük yardımı ile çizgisellikler tespit edilmiştir. Sahanın morfolojik özelliklerinden faydalanılarak görsel açıdan süreksizlik gösteren yapılar tespit edilmiştir. Bu yapılar kimi yerde tam bir doğrusallık kimi yerlerde kavisli bir süreksizlik oluşturmaktadır.

Çizgisellik Analizi, uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları kullanılarak arazinin fay hatları, jeolojik birim sınırları, kıvrım eksenleri ve olası çatlak zonların belirlenmesine yardımcı olan bir tekniktir. Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak bir bölgeye ait çizgisellik analizi yapılır ve bu sayede mevcut fay hatları, kıvrım eksenleri, zayıf zonlar, çatlak sistemleri ve damarlar tespit edilir. Ayrıca, olası stres yönleri de tanımlanır. Çizgisellik analizi sonucunda, bölgedeki hatların yönelimleri belirlenir ve olası ana yönelimler ortaya çıkarılır.

ASTER algılayıcı sistemi, görünür aralıktan termal kızılötesi aralığa kadar geniş bir spektral bölgede yüksek alansal, spektral ve radyometrik çözünürlüğe sahip 14 banttan oluşur. Bu özellik; mineral ve olası alterasyon haritalarının daha ayrıntılı bir şekilde oluşturulabilmesine olanak sağlamaktadır. Yeryüzü objelerinin bir kanalda görünmeyen kimi özellikleri başka kanalda görünebilmektedir. Böylece ne kadar çok sayıda kanal görüntüsü varsa kuramsal olarak o obje hakkında, görüntüden çıkarılabilecek bilgi oranı da o ölçüde artmış olmaktadır (Tatar ve Tatar, 2013).

ASTER uydu verileri yersel ve spektral çözünürlüğü nedeniyle yapısal unsurların ve litolojik farkların önem arz ettiği jeolojik araştırmalar için uygun veri sağlar. VNIR (visible near infrared, görünür yakın kızıl ötesi) bantları demiroksit mineralleri ile ilgili bilgi verirken, SWIR (short wave infrared, kısa dalga kızıl ötesi) bantları da hidroksit mineralleri hakkında bilgi verir. Bu dalga boyu bölgeleri mineralojik haritalamada kullanılmıştır. En yüksek parlaklık değerlerini oranlayarak materyaller arasındaki zıtlığı zenginleştirmek amacıyla görüntü zenginleştirme tekniklerinden biri olan Bant Oranlama uygulanmıştır. Belirlenen mineral anomalileri için olabilirliği en yüksek alanları sınırlamak amacıyla görüntü üzerinden eşik değerler seçilmiştir. Bant oranlama sonuçlarına göre Kaolinit, Alunit, Demiroksit, Kuvars ve Kalsit minerallerine ait eşik değerleri hesaplanmıştır, 3x3 filtreleme uygulanmış ve sınıflandırma yapılmıştır. Farklı kompozit görüntülerin analizi ile olası alterasyon alanları belirlenmiştir.

Anomali sahalarının tespitinde Terra ASTER uydu verisinin 1. ve 2. Spektral bantları kullanılarak, demiroksitleşme/hidroksitleşme için 2/1, Alunit için 4/5, Killeşme (İllit, Kaolinit, Smektit, Montmorilonit vb.) için 4/6, Karbonat Mineralleri (Kalsit vb.) -MgOH içeren min. (Klorit, Epidot vb.) için 7+9/8 ve Silisleşme 4+5/6+7 bant oranlamaları yapılmıştır. Nihai görüntüler daha sonra en fazla parlaklık veren bölgede DN (digital number, sayısal numara) değeri sabit tutularak bir eşik değer belirlenmiş ve bu değerin üstündeki parlaklık değerleri ilgili anomali sahaları olarak belirlenmiştir. Sahada demiroksit ve çizgiselliklerin bir arada olduğu kısımlar cevher oluşumu için potansiyel teşkil edebilir.

Sahanın çizgisellikleri Terra ASTER uydu verisine haiz olan stereoskopik özellikten faydalanılarak (RGB 3N, 3B, 3B), uydu verisinin bir özelliği olan nadir ve backward (geri) spektral bantlar bir araya getirilerek 3 boyutlu görüntüden elde edilmiştir. Sahanın morfolojik özelliklerinden faydalanılarak görsel açıdan süreksizlik gösteren yapılar tespit edilmiştir. Bu yapılar kimi yerde tam bir doğrusallık kimi yerlerde kavisli bir süreksizlik oluşturmaktadır. Çizgisellik haritasında genel olarak ana çizgisel yapılar KD-GB yönelimli olup, tali olarak KKD-GGB ve K-G şeklindedir. Sahada mevcut mermer sahalarının lokasyonu ve çizgisel yapılarla uyumuna dikkat edilmelidir.

Ön çalışmaları tamamlanan görüntüler üzerinde Bant Oranlama (Kanlinowski ve Oliver, 2004) algoritmaları uygulanmıştır. Elde edilen verilere ek olarak bant kompozit ve bant oran kompozit görüntüleri (Di Tommaso ve Rubinstein, 2007; Yajima vd., 2007) hazırlanarak çalışma alanındaki alterasyon alanlarını belirlemede anahtar olan mineral anomalileri (kaolen grubu mineraller, alunit, demir oksit ve kuvars) tespit edilmiştir. Hazırlanan haritalarda kaolen grubu mineralleri kaolinit olarak temsil edilmektedir. Yukarıda bahsi geçen tüm algoritmalar birlikte kullanılarak olası alterasyon alanları belirlenmiştir.

Çalışma alanı ve çevresi jeolojik yapısı nedeniyle çeşitli maden yatakları oluşumları için önemli bir bölgedir. Türkiye'de kaolinlerin büyük ölçüde volkanik kayaçlara bağlı olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bölgede neojen yaşlı volkanik kayaçlar yoğun olarak yüzeylenmektedir. Balıkesir-İvrindi civarında bulunan kaolin yatakları özellikle neojen volkanitlerinin hidrotermal alterasyonu sonucunda oluştuğu bilinmektedir. Bölgedeki çizgiselliklere ve volkanik kayaçların hidrotermal alterasyon derecelerine bağlı olarak farklı alanlarda (kaolen grubu mineraller, alunit, demir oksit ve kuvars vb.) farklı mineraller görülebilmektedir. Sonuç olarak bahsi geçen çalışma alanının kuzey batısındaki demiroksit ile olası alterasyon alanları çizgiselliklerin de yoğun olduğu alanlar içinde olduğundan potansiyel maden alanları olarak yorumlanabilir (Avcı ve Bayındır, 2020).

6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma ile Soma Çatalçam metalik sahasının toprak ve dere sedimanlarında, sularında ve çevresel parametrelerin mevcut durumu incelenmiştir. Çevresel parametrelerin mevcut durumuna dayalı olarak, toprak ve dere sedimanlarında ağır metal birikiminin sahanın hangi bölgelerinde etkili olduğu ve olası kirliliğe neden olan antropojenik ve jeolojik faktörler araştırılmıştır.Bu amaçla sahadan ve civarından 28 adet toprak ve dere sedimanı (1 km^2) ve 23 adet su örneği alınmıştır. Toprak ve dere sedimanlarında üzerinde çevre jeokimyasına yönelik analizler (Mn, Zn, Cr,, As, Ni, Cu, Mo, Pb, Co, Cd ,V) ve majör oksitler, su örneklerinde ise hidrojeokimyasal ve su kalite parametreleri araştırılmış ve madencilik öncesi öncel temel değerler (background) tespit edilmiştir. Aynı zamanda, toprak ve dere sedimanlarında elde edilen konsantrasyon değerlerinin birbirleri arasındaki ilişki istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Bu veriler, olası kirlilik derecelerini belirlemek için dünya ortalaması şeyl metal konsantrasyon değerleri temel alınarak Zenginleşme Faktörü (Ef), Jeobirikim İndeksi (Igeo), Kirlilik Faktörü (Cf) ve Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) hesaplamaları için kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıda belirtilen şekilde özetlenebilir:

Toprak ve dere sedimanları, Kirlilik Faktörü (Cf) açısından incelendiğinde, tüm istasyonlar için Ni ve V için az kirlenme, Co, Cu, Cr ve Mo için az kirlenme ile orta derecede kirlenme arasında, Zn ve Mn için az kirlenme ile önemli derecede kirlenme arasında,

As ve Cd için az kirlenme ile aşırı derecede kirlenme arasında ve Pb için orta derecede kirlenme ile aşırı derecede kirlenmeye varan özellikler göstermektedir.

Kirlilik faktörü hesaplamasına göre Ni ve V açısından sahadaki tüm örnek noktaları az kirlenme gösterirken, Pb, As ve Cd değerleri bazı örnekleme noktalarında aşırı derecede kirlenme göstermekte veya zenginleşme faktörü (EF) hesaplamasına göre ağır metal zenginleşmesi önemli derecede sınıfında yer almaktadır. Toprak ve dere sedimanları Kirlilik Yükü İndeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde 21 adet örneğin 1 değerinin altında kaldığından tüm ağır metal içeriklerine göre kirlenmemiş özellikte, diğer örnekler ise 1 değerinin üzerindedir.

Pearson korelasyon katsayılarından elde edilen sonuçlara göre, dere sedimanı ve toprak örneklerinde çinko, kadmiyum, mangan ve bakır ile nikel, kobalt arasında yüksek korelasyonlar bulunmaktadır. Bu sonuçlar, Zn-Pb ve Ni-Co gibi metallerin birlikte zenginleşme eğiliminin, çalışma alanındaki belirli kayaçların jeokimyasında sıkça görüldüğünü ve bu nedenle bu metallerin kirliliklerinin litojenik etkinin göz ardı edilmemesi gereken bir faktör olduğunu göstermektedir. Ayrıca, P_2O_5 gübredeki varlığı, çalışma alanındaki V (vanadyum) ile yüksek korelasyon gösterdiği için, bu metalin gübre kaynaklı olduğunu işaret etmektedir. Aynı zamanda, P_2O_5 ile Cd, Cu, Ni ve Co arasındaki pozitif ancak istatistiksel olarak anlamsız ilişkiler, bu elementlerin tarımsal faaliyetlerle ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Sahanın içindeki ve etrafındaki yüzey ve yeraltı suları su kirliliği yönetmeliğine göre ağır metal içeriği bakımından I., II. ve III. sınıf su kalitesine sahip olarak değerlendirilmiştir. Pb, Cu ve Cr bakımından tüm örnekler I. sınıf kullanma suyu kalitesi sergilerken, As hariç su kalitesi açısından değerlendirilen diğer metal parametrelerine göre çalışma alanın orta ve batı kısmında yer alan 3 veri noktası II. veya III. sınıf su kalitesine sahiptir. As bakımından III. sınıf su olan BSU-5 Duğla Köyü yeraltı suyu, MSU-1 ise Çatalçam Köyü yeraltı suyudur. As bakımından IV. sınıf olarak değerlendirilen örnek, kaplıcanın mansabında yer alan yüzey suyudur ve bu numune alım noktası hariç alınan tüm örnekler Wilcox diyagramına göre çok iyi-iyi kullanılabilir su sınıflama kalitesinde yer almaktadır ve ve sodyum alkali tehlikesi taşımamaktadır. Herhangi bir endüstri tesisinin olmadığı sahada hem toprak hem de sudaki anomali artışlarına ortamın mevcut jeolojik hakim durumuna etki etmektedir.

Katkı Belirtme

Bu araştırma MTA Genel Müdürlüğü, "Potansiyel Maden Alanlarının Mevcut Ortam Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi" projesi kapsamında 2019-2020 yıllarında yapılan saha çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya lojistik anlamda destek veren Maden Etüt ve Arama Dairesi Biga Yarımadası ve Güneyi Polimetal Maden Aramaları Kamp Şefliği personellerine ve Uzaktan Algılama çalışmasını gerçekleştiren Jeoloji Etütleri Dairesi personeli Kerem Avcı'ya yazarlar katkılarından dolayı teşekkür eder.

Değinilen Belgeler

Akın, Ç. 2017. Yığınsal (Agglomeratıve) Kümeleme. http://cagriemreakin.com/veri-bilimi/agglomerative-clustering-4.html. Eylül 2019.

Akyürek, B., Soysal, Y. 1978. Soma(Manisa)-Savaştepe-Korucu-Ayvalık (Balıkesir)-Bergama (İzmir) Civarının Jeolojisi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:6432 (yayımlanmamış).

Avcı, M., Bayındır, F. 2020. Potansiyel Maden Alanlarının Mevcut Ortamlarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi (Türkiye Geneli) (2020-38-14-01) Projesi Uzaktan Algılama Raporu, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara (yayımlanmamış).

Bingöl, E. 1974. Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Dergisi, Sayı: 86.

Demirbugan, A. 2019*a*. Sürdürülebilirlik ve Maden Sahalarının Rehabilitasyonu. Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.

Demirbugan, A. 2019*b*. Orman Varlıklarının Ekonomik Değerlendirilmesi, Tarım ve Çevre Bilimleri Kongresi,4-5 Aralık 2019, Ankara.

Demirbugan, A. 2019*c*. Changes in ecosystem service benefit in Soma lignite region of Turkey, Resources Policy, 64.

Di Tommaso, I., Rubinstein, N. 2007. Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina. Ore Geology. Reviews. 32, 275–290.

Duffus, J. H., Howard G.J.W. 1996 Fundamental Toxicology For Chemists, Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services.

Duru, M., Pehlivan Ş., Dönmez, M., Ilgar A., Akçay, E.A., Saydam, D.G., Erdoğan, K., Özer, D. 2008. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Balıkesir – İ18 Paftası. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 97.

Ercan, T., Günay E., Türkecan, A. 1984. Edremit-Korucu (Balıkesir) Tersiyer Stratigrafisi, Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Kökensel Yorumu. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 27/1, 21-30.

Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, 498.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I (Environmental Effect of metals-I). Metalurji, 136. Sayı:47–53.

Kanlinowski, A., Oliver, S. 2004. ASTER Mineral Index Processing. Remote Sensing Application Geoscience Australia. Australian Government Geoscience Website: http://www.ga.gov.au/image_cache/GA7833.pdf. 01.12.2011.

Karahalil, U. 2014. Forest Resource Planning Using Satellite Images. https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_03_4148c.pdf. 2021.

Karaman, O. 2021. Karakavak ve Çukurhüseyin (Balıkesir) köyleri civarındaki volkanik kayaçların petrografisi ve jeokimyası. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kaygusuz, A., Şahin, K. 2016. Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6 (2), 89-116.

Sarı, R., Küçükefe Ş., Çetiner, L. 2019.Çatalçam Porfiri Altın-Gümüş-Kurşun-Çinko Sahası (Manisa-Soma-Kiraz Ruhsatı) Buluculuk Talebine Esas Maden Jeolojisi ve Kaynak Tahmin Raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Raporu, No.201300664, Ankara (yayımlanmamış).

Sarı, R., Küçükefe, Ş., Bozkaya, G., Bozkaya, Ö., Bademler, F., Deveci Aral, Z., Bayrakçıoğlu, E. D., Dönmez, C., Özkümüş, S. 2022. Geological, mineralogical-petrographical and fluid-inclusion characteristics of the Çatalçam (Soma-Manisa) Au-Pb-ZnCu mineralization. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 167, 25-49.

Tatar, Y., Tatar, O. 2013. Jeolojide Uzaktan Algılama. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları No:142.

Turekian, K.K., Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the eart's crust. Geology Society America Bulletin, 72, 175-192.

Wedepohl, K.H. 1969. Handbook of Geochemistry. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 578.

Wedepohl, K.H. 1995. The composition of the continental crust. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 1,217-1,239.

Yajima, T., Yamamoto, K., Yamamoto, K., Hayashi, T. 2007, Identification of Hydrothermal Alteration Zones for Exploration of Porphyry Copper Deposits Using ASTER data. Journal of the Remote Sensing Society of Japan, 27 (2), 117-128 (in Japanese).

Yıldız, N. 2004. Toprak ve bitki ekosistemindeki ağır metaller, ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları, Erzurum.